



**FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y FINANCIERAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA**

**ASIMETRÍA EN EL EFECTO TRASPASO DEL PRECIO
INTERNACIONAL DEL PETRÓLEO HACIA LOS PRECIOS
FINALES DE LA GASOLINA Y GAS NATURAL EN LA
ECONOMÍA PERUANA, 2000-2016**

**PRESENTADA POR
JAIME CUEVA LLANOS**

ASESOR

REYNALDO ULADISLAO BRINGAS DELGADO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE ECONOMISTA

LIMA – PERÚ

2017



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y FINANCIERAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA**

**ASIMETRÍA EN EL EFECTO TRASPASO DEL PRECIO INTERNACIONAL
DEL PETRÓLEO HACIA LOS PRECIOS FINALES DE LA GASOLINA Y
GAS NATURAL EN LA ECONOMÍA PERUANA, 2000-
2016**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE ECONOMISTA

PRESENTADO POR

CUEVA LLANOS JAIME

LIMA-PERÚ

2017

Título

Asimetría en el efecto traspaso del precio internacional del petróleo hacia los precios finales de la gasolina y gas natural en la economía peruana, 2000-2016.

Dedicatoria

Dedico de manera especial a mis hermanos Darwin y Luis, pues fueron el principal cimiento para mi vida profesional, sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

Gracias a Dios por darme unos excelentes padres, que en todo momento me brindaron su apoyo moral y económico en mi aventura profesional.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres y hermanos, a quienes admiro por sobre todas las cosas.

Del mismo modo, un especial agradecimiento a Jean Charles Rochet, César Carrera, mis asesores y Andrea Carrillo por sus valiosos comentarios y a todas las personas que aportaron y apoyaron de alguna forma en este trabajo.

ÍNDICE

Título	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos	4
Resumen.....	7
Abstract	8
Introducción	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema	11
1.2.1 Problema principal	11
1.2.1 Problemas secundarios	11
1.3 Objetivos de investigación	11
1.3.1 Objetivo principal	11
1.3.2 Objetivos secundarios.....	11
1.4 Justificación de la investigación	12
1.5 Limitaciones de la investigación	12
1.6 Viabilidad del estudio.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes de la investigación	14
2.2 Bases teóricas	16
2.3 Definiciones Conceptuales	31
2.4 Formulación de Hipótesis	33
2.4.1 Hipótesis Principal	33
2.4.2 Hipótesis Secundarias	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	34
3.1 Diseño metodológico	34
3.2 Población y Muestra	35
3.2.1 Población	35
3.2.2 Muestra.....	35
3.3 Operacionalización de las Variables	36
3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	36
3.4.1 Pasos realizados para la estimación de los modelos.....	38
3.4.1.1 Pasos previos	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	42
4.1 Estadística descriptiva de las variables	42
4.2 Contratación de Hipótesis.....	50
4.2.1 Análisis y selección del modelo a estimar.....	51

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1 Discusión	58
5.2 Conclusiones	62
5.3 Recomendaciones	63
CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	64
6.1 Bibliográficas.....	64
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	66
7.1 Anexo N° 1: Matriz de Consistencia.....	66
7.2 Anexo N° 3: Resumen de Modelos utilizados.....	67
7.4 Anexo N° 4: Datos utilizados en la estimación de los Modelos	68
7.5 Anexo N° 5: Correlograma de las series	69
7.6 Anexo N° 6: Resultados de los modelos estimados	70
7.7 Anexo N° 7: Figuras del desvío estándar condicional de los modelos estimados	75

ASIMETRÍA EN EL EFECTO TRASPASO DEL PRECIO INTERNACIONAL DEL PETRÓLEO HACIA LOS PRECIOS FINALES DE LA GASOLINA Y GAS NATURAL EN LA ECONOMÍA PERUANA, 2000-2016

Resumen

Mediante esta tesis se investigó el efecto traspaso sobre los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, causado por la asimetría en el precio internacional del petróleo, 2000-2016 con data semanal. Se examinó el comportamiento de los precios de estos combustibles, en el cual se identificó que existe una relación asimétrica y no lineal en los precios de la gasolina y el gas natural producto de shocks en el mercado mundial del petróleo tanto en el corto plazo como en el largo plazo. Se realizaron test de raíz unitaria, cuyo resultado permitió trabajar con los retornos de los precios, se utilizaron modelos ARCH que consideran la volatilidad en la varianza, y sus variantes (modelos GARCH, EGARCH y TARCH) así como también el modelo GARCH-M, el cual es una extensión de los modelos ARCH (p,q), cuya principal ventaja es modelar la volatilidad en varianza y en media. Los resultados demuestran que existe un efecto traspaso en los precios internacionales del petróleo sobre los precios del gas natural y sobre los precios de la gasolina en Perú. Asimismo, existe un mayor ajuste asimétrico en los precios de estos combustibles cuando el precio internacional del petróleo se incrementa que cuando disminuye. Esto confirma que el precio de la gasolina en el mercado local está afecto a cambios en los precios del petróleo. Precisamente, el mercado energético, reacciona de manera vertiginosa frente a información nueva procesada.

Palabras Clave: Efecto traspaso, asimetría, modelos ARCH (p,q), GARCH, EGARCH, TARCH y GARCH-M.

ASYMMETRY IN THE PASS-THROUGH OF THE INTERNATIONAL PETROLEUM PRICE TOWARDS THE FINAL PRICES OF GASOLINE AND NATURAL GAS IN THE PERUVIAN ECONOMY, 2000-2016

Abstract

This thesis investigated the pass-through effect on the prices of gasoline and natural gas in the Peruvian economy, caused by the asymmetry in the international price of oil, 2000-2016 with weekly data. The behavior of the prices of these fuels was examined, in which it was identified that there is an asymmetric and non-linear relationship in the prices of gasoline and natural gas product of shocks in the world oil market in the short term as the long-term. A unit root test was performed, which allowed us to work with price returns. We used ARCH models that consider the variance volatility and its variants (GARCH, EGARCH and TARCH models) as well as the GARCH-M model, which is an extension of the ARCH models (p, q), whose main advantage is to model the volatility in variance and on average. The results show that there is a pass-through effect in international oil prices on natural gas prices and on gas prices in Peru. Likewise, there is a greater asymmetric adjustment in the prices of these fuels when the international price of oil increases than when it decreases. This confirms that the price of gasoline in the local market is affected by oil prices. Precisely, the energy market, dizzying reaction to new information processed.

Key Words: Pass-Through, asymmetry, models ARCH (p, q), GARCH, GARCH, TARCH and GARCH-M models.

Introducción

La literatura sobre la relación entre los precios del petróleo, la gasolina y el gas natural es abundante. La evidencia muestra que los precios de la gasolina y el gas natural se ajustan de manera inmediata ante aumentos en los precios del petróleo que sus respuestas ante disminución en los precios del petróleo.

En la misma línea, varios estudios que han investigado recientemente el efecto traspaso de los precios internacionales del petróleo crudo hacia los precios de los productos refinados del petróleo y otras materias primas, evidencian que existe una relación asimétrica entre el precio internacional del petróleo sobre los productos derivados, prueba de ello se identifican: i) Los precios de los combustibles se adaptan más rápido cuando los precios del petróleo se incrementan que cuando disminuyen (efecto asimétrico); y, ii) En el mercado peruano, el efecto de disminución de precios es más lento que en EE.UU, ya que, la mayoría de empresas utilizan precios de stock, en cambio, ante incremento de precios del petróleo, el mercado local de la gasolina también los incrementa inmediatamente (efecto asimétrico).

En consecuencia, esta tesis consideró al precio internacional de petróleo como variable explicativa sobre el precio de la gasolina y el gas natural, considerando un periodo de tiempo que captura los distintos casos en los que el precio del petróleo llegó a su mínimo y máximo histórico, y establece como hipótesis que los precios del petróleo afectan a los precios de la gasolina y el gas natural en forma asimétrica y no lineal.

El presente documento se organiza de la siguiente manera. En el primer capítulo se presenta el problema de investigación y su delimitación, así como los antecedentes, objetivos y limitaciones del estudio. El capítulo siguiente muestra el marco teórico de la técnica de los modelos ARCH (p,q) y sus variantes, en especial el modelo GARCH-M para la estimación de la asimetría y efecto traspaso de la variable explicativa hacia las variables dependientes, además de la formulación de la hipótesis de investigación. En el tercer capítulo se expone la metodología empleada y el tratamiento de las variables. En el cuarto y quinto capítulo se muestran los resultados y conclusiones respectivamente.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los precios de los combustibles son una parte clave en el comportamiento de las dos variables macroeconómicas más importantes: inflación y crecimiento económico. En el caso de la economía peruana, la inflación y el precio de los combustibles tiende a encarecer (abaratarse) todos los servicios relacionados con transportes. En lo que respecta a producción como un factor clave en el crecimiento económico, en la literatura de macroeconomía se interpreta cambios inesperados en el precio internacional del petróleo como choques de productividad. Este trabajo pretende contribuir a entender este paso, mediante la estimación del traspaso de las cotizaciones del petróleo, con respecto al precio de los principales combustibles, en especial el precio del gas natural y el precio de la gasolina.

De hecho, los precios de los combustibles influyen en el nivel de gasto de capital de casi todos los agentes económicos y los incentivos para promover el uso de fuentes de energías alternativas. Los inversores en los mercados de energía pueden encontrar la tendencia de los precios para adaptarse a una cierta relación de precios relativos o a la paridad como base para una estrategia de negociación.

La transmisión asimétrica entre precios del crudo y del gas natural puede surgir del hecho de que estos últimos no son sólo sustitutos, sino también sus rivales en el consumo y la producción de otras fuentes de energía (Aloui et al., 2013). Por otra parte, el mercado del crudo responde más a factores económicos, financieros y geopolíticos globales, mientras que los precios del gas natural son más sensibles a los factores regionales y afectados por su propio suministro y la demanda ante los choques perjudiciales (por ejemplo, los eventos climáticos, las limitaciones de la estacionalidad y de almacenamiento de alimentación extremas).

Este trabajo busca examinar cómo los precios del petróleo se transmiten asimétricamente a los precios de la gasolina y el gas natural, tanto a corto como a largo plazo. Extendemos la literatura existente, haciendo uso de un modelo auto regresivo condicionalmente heteroscedástico en media (GARCH-M) que consiste

en una representación dinámica de corrección de errores que permite cuantificar las respuestas asimétricas de precios de la gasolina y el gas natural a los cambios de precio del petróleo crudo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

- ¿De qué manera se comporta la asimetría en el efecto traspaso del precio internacional del petróleo hacia los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, periodo 2000-2016?

1.2.1 Problemas secundarios

- ¿Cómo reaccionan los precios de la gasolina y el gas natural ante shocks en el mercado mundial de petróleo tanto en el corto plazo como en el largo plazo?
- ¿De qué manera los precios de la gasolina y el gas natural se ajustan asimétricamente ante cambios en el precio internacional del petróleo?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo principal

- Explicar cómo la asimetría del precio internacional del petróleo produce un efecto traspaso sobre los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, periodo 2000-2016.

1.3.2 Objetivos secundarios

- Determinar cómo reaccionan los precios de la gasolina y el gas natural ante shocks en el mercado mundial de petróleo tanto en el corto plazo como en el largo plazo.
- Verificar que los precios de la gasolina y el gas natural se ajustan de manera asimétrica ante cambios en el precio internacional del petróleo.

1.4 Justificación de la investigación

Utilizar un modelo lineal implica tener multiplicadores dinámicos invariantes con respecto a la historia del sistema y al tamaño, y signos de los choques. Los modelos auto regresivos permiten explicar y predecir el comportamiento de series financieras a través de sus retornos, lo cual permite a su vez capturar la asimetría y no linealidad de los mismos.

Se escoge la variable precio internacional del petróleo porque es una variable de control, y porque además de ser una serie financiera, depende en gran parte de otros factores externos a la del propio mercado, y en consecuencia, afecta a la variable (precio de la gasolina) en nuestro país y a la variable sustituta en EE.UU los precios del gas natural.

Con esta propuesta de investigación se busca una aproximación empírica acerca de los efectos del precio del petróleo crudo sobre los precios de la gasolina y el gas natural. Ello servirá para que posteriores investigaciones se centren en las implicancias de medidas políticas económicas y financieras para el corto y largo plazo. Por ello, se toma en cuenta cómo las cotizaciones del precio del petróleo oscilan en el mercado internacional.

La propuesta de hacer uso del modelo auto regresivo condicionalmente heteroscedástico en media (GARCH-M) cobra importancia debido a que en la realidad problemática de esta investigación no cuenta con antecedentes a nivel local, por lo que la técnica que se propone sería un medio que promueva futuras investigaciones sobre el tema.

1.5 Limitaciones de la investigación

La presente investigación no cuenta con amplia evidencia empírica a nivel local o estudios anteriores que respalden el problema principal de la investigación o el uso del modelo GARCH-M. Además, la base de datos de los organismos públicos y privados, no permite tomar intervalos de tiempo más cortos, por ejemplo en EE.UU la periodicidad con la que se publican los precios de la gasolina y del gas natural son de frecuencia diaria, semanal, mensual y anual, en tanto que en nuestro país, solo es factible la muestra en un periodo de tiempo con

frecuencia semanal y mensual, lo cual podría generar otros resultados dependiendo de la periodicidad de las variables, ya que, los modelos autoregresivos son modelos de alta frecuencia (periodos de alta frecuencia en periodos cortos de tiempo).

Asimismo, otro factor limitante es la restricción al acceso de la información a tiempo real de los precios en el mercado spot del mercado energético, ya que para ello se requiere contar con la suscripción de un paquete informático (por ejemplo, Bloomberg), dificultando el proceso de recolección de datos.

1.6 Viabilidad del estudio

El desarrollo de la siguiente investigación dispone con lo siguiente:

- Recursos humanos, económicos y materiales suficientes para realizar el estudio en el tiempo disponible o previsto.
- Factibilidad en conducir el estudio con la metodología disponible o seleccionada.
- La metodología a seguir conduce a dar respuestas al problema.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

La comprensión de la transmisión de los precios del petróleo a los precios de la gasolina y el gas natural es de vital importancia no sólo para la toma de decisiones de política energética, sino también para la gestión de riesgo de cartera y los problemas de cobertura óptima. De hecho, los precios de estas fuentes de energía influyen en el nivel de gasto de capital de casi todos los agentes económicos y en los incentivos necesarios para promover fuentes de energía alternativa. Los inversores en los mercados de energía pueden encontrar la tendencia de los precios para adaptarse a una cierta relación de precios relativos o la paridad como base para una estrategia de negociación. Por ejemplo, **Brown y Yucel (2008)**, en su investigación describen que había una relación de 10 a 1 entre el precio de un barril de petróleo y el precio de un millón de BTU¹ de gas natural en la década de 1990, pero esta relación de precios relativos se redujo a una relación de 6 a 1 cuando los precios del petróleo y gas natural se incrementaron a inicios del 2013.

La literatura empírica sobre el efecto traspaso del precio del petróleo es extensa y comienza con los estudios que examinan la relación entre los precios del petróleo y la teoría macroeconómica. **Hamilton, J (1983)**, en su estudio señala que desde la Segunda Guerra Mundial nueve de cada diez recesiones en Estados Unidos, han sido precedidos por un aumento dramático en el precio del petróleo crudo, esto no quiere decir que la crisis del petróleo causó estas recesiones, lo que sugiere es un impacto negativo de los cambios del precio del petróleo en el crecimiento de la producción estadounidense.

La mayoría de los estudios posteriores llegan a conclusiones similares y tratan de explicar el nexo del crecimiento económico mediante el efecto traspaso

¹ BTU: Abreviatura de British Thermal Unit, es una unidad de energía. Una BTU representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en un grado F° la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales. Un pie cúbico de gas natural desprende en promedio 1000 BTU, aunque el intervalo de valores se sitúa entre 500 y 1500 BTU.

de los precios del petróleo a través de los costos de producción, las expectativas de inflación, la política monetaria, y la confianza de los inversores (por ejemplo, **Mork, 1989 y Cologni y Manera, 2008**).

También hay pruebas que indican la existencia de vínculos asimétricos y no lineales entre los precios del petróleo y el crecimiento económico, a pesar de que sus vínculos se vuelven más débiles en los últimos años (por ejemplo, **Hamilton, J. (2003) y Killian, L. (2008)**). Otra corriente importante de la investigación se ha centrado en cómo se transmiten los precios del petróleo a los precios del mercado de valores (por ejemplo, **Aloui et al., 2013**). Sus estudios documentan los efectos lineales y no lineales de los precios del petróleo sobre los precios de las acciones, en la cual evidencian que la señal y la fuerza de los efectos dependen del estado del mercado, la naturaleza de los sectores económicos, y el perfil de la dependencia petrolera del país considerado.

En ese sentido, **Barrera, C. (2007)**, mediante su investigación aproxima cuantitativamente las relaciones dinámicas entre los componentes de los precios domésticos de los combustibles y el precio internacional del petróleo WTI, su principal determinante, para el caso peruano durante los años 2000-2009. Este periodo incluye uno más reciente, que se inicia en septiembre de 2004, en el que estos precios domésticos se han formado bajo un sistema de bandas administrado por el Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles Derivados del Petróleo (FEPCDP). Para capturar la potencial presencia de asimetrías en el vector de medias condicionales, propone un modelo dinámico flexible (VAR neuronal), una distribución t de Student para el vector de perturbaciones asociado así como un modelo de heteroscedasticidad dinámica (ARCH) para su matriz de co-varianzas condicionales. Los parámetros de ambos momentos condicionales son robustos ante la presencia de observaciones atípicas -outliers- debido a que los vectores de perturbaciones son realizaciones de una distribución t de Student multi-variada, lo que además reduce la presencia de asimetrías espurias en las medias condicionales. Al cubrir el costo computacional requerido, la aproximación de los parámetros logra develar la operatividad del FEPCDP. Sin embargo, elevar la precisión de las proyecciones de inflación no subyacente (NS), cuyo componente más relevante a predecir es el

sub-índice de precios de los combustibles de consumo final, puede resultar más costoso.

2.2 Bases teóricas

Existen estudios que han investigado recientemente el efecto de traspaso de los precios internacionales del petróleo crudo a los precios de los productos refinados del petróleo y otras materias primas. La mayoría de ellos hacen uso de un enfoque de cointegración y se centran en las relaciones de los precios del petróleo y la gasolina. Se ha documentado que los precios ascendentes tienden a responder más rápidamente al aumento de los precios que sus respuestas a la disminución de los precios, los precios de la gasolina se adaptan más rápido cuando los precios del petróleo se incrementan que cuando disminuyen (efecto asimétrico).

En el caso del mercado local, el efecto de disminución de precios es más lento que en EE.UU, ya que, la mayoría de empresas utilizan precios de stock, en cambio, ante un incremento de precios del petróleo el mercado local de gasolina también los incrementa inmediatamente.

Aloui et al. (2013), señalan varios períodos en que los precios del gas natural se desvían de sus relaciones históricas con los precios del petróleo debido a condiciones de mercado o el descubrimiento de la fracturación hidráulica.

Serletis, A. y Ricardo, R. (2004), examinan la fuerza de las tendencias y ciclos compartidos entre los precios del crudo y precios del gas natural Henry Hub, y proporcionan evidencia para rechazar las hipótesis de ciclos comunes y codependencias. En cuanto a la posibilidad de enlaces no lineales entre el petróleo crudo y precios de la gasolina, también se ve afectada por la estructura de los mercados de venta al por menor, que depende de la extracción.

En cuanto a la relación entre el precio del petróleo y la gasolina, **Mensi et al. (2014)**, investiga la influencia de los cambios estructurales en la asimetría de la transmisión, la volatilidad, la asignación de activos y diversificación de la cartera entre el mercado de cambio USD/euro y cada uno de los seis principales

mercados de petróleo al contado, incluyendo WTI, Brent Europa, queroseno, gasolina y propano. Haciendo uso de un modelo EGARCH Bivariado, los resultados tienen implicaciones importantes para la gestión del riesgo financiero.

2.2.1 Los Modelos Autorregresivos Condicionales Heteroscedásticos (ARCH)²

Sea $a_t(\theta)$ sigue un proceso estocástico definido en tiempo discreto, cuya esperanza y varianza condicionales dependen de un vector de parámetros θ de dimensión m .

Denotamos por E_{t-1} la esperanza matemática condicional en Ω_{t-1} generada por las realizaciones pasadas de las variables observables en el instante $t-1$ o anteriores, que define el conjunto de información disponible en $t-1$.

Decimos que $a_t(\theta)$ sigue un proceso ARCH si su esperanza condicional es igual a cero:

$$E_{t-1}a_t(\theta) = 0, t = 1, 2, 3, \dots$$

y su varianza condicional,

$$\sigma_t^2(\theta) = Var_{t-1}[a_t(\theta)] = E_{t-1}[a_t^2] = g(a_{t-1}, a_{t-2}, \dots)$$

Debe apreciarse que a pesar del subíndice temporal, σ_t^2 es una función de variables pertenecientes al instante $t-1$ o anterior.

Alternativamente podríamos definir al proceso ARCH mediante:

$$y_t = a_t \sigma_t$$

Siendo a_t es una secuencia de variables aleatorias que se distribuyen idéntica e independientemente con media cero y varianza igual a 1.

$a_t \approx N(0, 1)$, independiente en el tiempo, y $\sigma_t^2(\theta) \cong g(a_{t-1}, a_{t-2}, \dots)$.

² NOVALES, Alfonso "Econometría" (Madrid, McGraw-Hill, 2002), Cáps. 11 y 12.

El modelo ARCH(1)

La estructura básica del modelo es:

$$y_t = a_t \sigma_t \quad (1)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 \quad \alpha_0 > 0, \quad 0 < \alpha_1 < 1 \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1)

$$y_t = \left(\sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2} \right) E_{t-1}(y_t) = 0 \quad (3)$$

Su esperanza y varianza condicional son:

$$E_{t-1} \left(\sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2} \right) E_{t-1}(y_t) = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Var}_{t-1}(y_t) &= E_{t-1} y_t^2 = (\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2) E_{t-1}(a_t^2) \\ &= \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 \end{aligned}$$

Por lo que la varianza condicional de los rendimientos varía en función de la realización del proceso y_t . Generalizando los rezagos, la varianza condicional estaría dada por:

$$\sigma_{y_t}^2 = \alpha_0 + \sum_{i=0}^q \alpha_i y_{t-i}^2$$

Dada la expresión (3) podemos definir a y_t de la siguiente manera:

$$y_t = \Phi y_{t-1} + a_t, \quad [\Phi] < 1$$

$$E_{t-1} a_t = 0$$

$$\text{Var}_{t-1}(a_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2$$

En resumen, se concluye que:

- 1.- $E[a_t] = 0$
- 2.- $E[a_t a_s] = 0$
- 3.- La varianza no condicional de $\{a_t\}$ es constante : $E[a_t] = \alpha_0 / (1 - \alpha_1)$
- 4.- La media condicional es cero $E[a_t / \Omega_{t-1}] = 0$
- 5.- La varianza condicional está dada por: $E[a_t / \Omega_{t-1}] = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2$

Esta última relación nos dice que los errores están bajo los dictados de un proceso AR(1) condicional, de allí su nombre ARCH. Note que la condición $\alpha_0 > 0$ corresponde a la mínima varianza condicional a ser observada, en tanto la condición $0 < \alpha_1 < 1$ es necesaria para que sea un proceso estable, la expresión

$\alpha_1 < 0$ no es posible dado que la varianza nunca es negativa y si se hace la prueba de hipótesis $\alpha_1 = 0$, de aceptarse significa que no hay efecto ARCH y el proceso es de varianza condicional constante.

Lo importante es que la serie $\{a_t\}$ es no correlacionada, es decir, no existen relaciones lineales entre sus valores en distintos instantes en el tiempo. Sin embargo los errores no son independientes ya que están relacionados por sus segundos momentos por una cuestión en diferencias. Es decir, su cuadrado, y_t^2 si está correlacionado.

A medida que el valor de α_1 se acerque más a uno, tendremos el análogo a un random walk (camino aleatorio) en la varianza y a medida que α_1 se acerque a cero, el efecto ARCH tendrá poca persistencia.

Podemos extender esta clase de modelos y llegaremos a expresiones de la forma:

$$a_t = v_t \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{t-2}^2}$$

o más generalmente

$$a_t = v_t \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q a_{t-q}^2}$$

siendo $\alpha_0 \geq 0, \alpha_1 \geq 0, \alpha_2 \geq 0, \dots, \alpha_q \geq 0$

La primera ecuación se llama un ARCH (2) y la segunda un ARCH (q), con esto se incorpora al análisis los fenómenos de volatilidad variable, como son los episodios de alto nerviosismo o incertidumbre en el mercado.

Su varianza condicional estará dada por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q a_{t-q}^2$$

Al ser la varianza condicional del periodo t una función creciente de la magnitud de las últimas innovaciones, se produce un *clustering* o agrupamiento temporal de volatilidades.

Estos tiene media cero y una varianza no condicional dada por:

$$Var[a_t^2] = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_q}$$

El orden q de las representaciones ARCU, es un indicador de la persistencia de los shocks en varianza.

En muchas aplicaciones empíricas el orden del modelo ARCH es preciso utilizar para recoger la dependencia temporal en la varianza es elevado, por lo que es necesario considerar una representación más simple de este tipo de estructuras.

Modelos GARCH

Modelos Generalizados ARCH³

La especificación ARCH precisa un elevado número de rezagos. Para evitar que el alto número de coeficientes en términos autoregresivos produzca una importante pérdida de precisión en su estimación, se ha propuesto una parametrización alternativa, restringida, dependiente de un número reducido de parámetros. Se podría pensar que la formulación correcta para la generación de los errores debe incluir el rezago de la varianza, como lo indica la fórmula del modelo GARCH de Bollerslev⁴(1986) está expresada por:

Los modelos generalizados de heteroscedasticidad condicional tienen la misma cualidad de reproducir periodos de volatilidad con periodos tranquilos, sin embargo son modelos que requieren menos parámetros, característica que los hace preferidos. Tienen las mismas bases en su construcción por lo que no repetiremos estos puntos, pero se debe recordar que el proceso $\{a_t\}$ tiene media cero y varianza condicional.

$$E[a_t^2 | \Omega_t] = \sigma_t^2$$

³ JOHNSON, Christian y SORIANO, Fabián, "Volatilidad del Mercado Accionario y la Crisis Asiática: Evidencia Internacional de Asimetrías" (Chile, Univ. Nacional de Chile, 2004) Págs. 57

⁴ BOLLERSLEV, Tim, "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity" en Journal of Econometrics N° 31 (Amsterdam, 1986), 20 págs.

2.2.2 Tipología de Modelos GARCH(1,1)

Este es un modelo exponencial suavizado⁵ de la varianza, análogo a los que consideramos para la volatilidad condicional.

Un GARCH(1,1) está definido como:

$$y_t = a_t \sigma_t$$
$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha y_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

siendo $\alpha > 0, \omega > 0, \beta \geq 0; \alpha + \beta < 1$

De acuerdo al modelo GARCH se tiene que la varianza del proceso depende de los errores y la volatilidad observados en el pasado. La varianza condicional es igual a:

$$Var_{t-1}(y_t) = \sigma_t^2$$

mientras que la varianza incondicional está dada por:

$$Var(y_t) = \frac{\omega}{1 - \alpha - \beta}$$

lo cual ocurre siempre y cuando $\alpha + \beta < 1$

Los rezagos medios y medianos de σ_t^2 , son:

$$Rezago\ medio = \frac{1}{1 - \beta}$$

$$Rezago\ mediaano = -\frac{\ln 2}{\ln \beta}$$

Modelos GARCH(p,q)

Podemos extender al modelo GARCH para p,q

$$y_t = a_t \cdot \sigma_t$$
$$\sigma_t^2 = \omega + a_1 y_{t-1}^2 + \dots + a_p y_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

Es necesario establecer un conjunto de condiciones para garantizar que la varianza condicional estimada sea positiva en todos los periodos:

$$\alpha_0 > 0, \alpha_j > 0, \beta_q \geq 0$$

⁵ El proceso de suavización de una serie se realiza a través de técnicas definidas en el paquete de Eviews.

$$\alpha_1 + \dots + \alpha_p + \beta_1 + \dots + \beta_q < 1$$

En la ecuación que hace referencia a la varianza del periodo, las variables del lado derecho de la ecuación, son una media o constante (ω), seguida por noticias sobre la volatilidad de periodos previos, medida como rezagos de los residuos al cuadrado de la ecuación de la media y por último la predicción de la varianza para los últimos periodos. Es decir una modelización ARMA para la varianza.

Procesos con residuos GARCH

Un GARCH(1,1) está definido como:

$$a_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

donde $a_t \approx \text{IID}(0,1)$

v_t es un proceso de ruido blanco, con varianza uno, además a_t y v_t son independientes,

$$\alpha_0 > 0, \quad 0 < \alpha_1 < 1, \quad 0 < \beta_1 < 1, \quad \alpha_1 + \beta_1 < 1$$

Los procesos GARCH permiten modelar la persistencia en el tiempo de los shocks en la varianza condicional. Una elevada persistencia, al no cumplirse $\alpha_1 + \beta_1 < 1$, ocasiona que los efectos del shock “se diluyan lentamente en el tiempo”, en tanto que la baja persistencia solo tiene efecto de corta duración.

Con esta variación, es sencillo determinar que expresión le corresponde a un GARCH (p,q).

$$a_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p a_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

las restricciones para los parámetros son ahora:

$$\alpha_0 > 0, \alpha_j \geq 0, \beta_q \geq 0$$

$$\alpha_1 + \dots + \alpha_p + \beta_1 + \dots + \beta_q < 1$$

por lo que la varianza no condicional está dada por

$$\text{Var}(a_t) = \frac{\alpha_0}{(1 - (\alpha_1 + \dots + \alpha_q + \beta_1 + \dots + \beta_q))}$$

Es importante mencionar que si se define el proceso:

$$w_t = a_t^2 - \sigma_t$$

el proceso GARCH (p,q) puede reparametrizarse como:

$$a_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m (\alpha_i + \beta_i) a_{t-i}^2 + w_t - \sum_{i=1}^q \beta_i w_{t-i}$$

$m = \max(p,q)$ donde w_t es un proceso de innovaciones con media cero, no correlacionada aunque heterocedásticas. Es importante esta representación pues es la que justifica la siguiente afirmación: *un GARCH es un ARMA en la generación de la varianza condicional*. Por lo que el uso de la autocorrelación (PAC) y la autocorrelación parcial (PACF) continúa siendo igual. se buscan los picos, para estos modelos los valores usuales con series financieras son $p,q = 0,1,2$.

Los pronósticos de la varianza para adelantar s-periodos se calculan por la conocida fórmula:

$$m = \max(p,q), n = \min(m,s-1)$$

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m (\alpha_i a_{t+s-i}^2 + \beta_i \sigma_{t+s-i}^2) + \sum_{i=1}^q (\alpha_i a_{t+s-i}^2 + \beta_i \sigma_{t+s-i}^2)$$

Es bueno hacer el caso para un GARCH(1,1)

$$a_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

este se reparametriza como ARMA del siguiente modo:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) a_{t-1}^2 + w_t - \beta w_{t-1}$$

Se observa que se llega al límite de romper con la condición de estacionariedad imponiendo

$$\alpha_0 > 0, \alpha_1 \geq 0, \beta_1 \geq 0$$

$$\alpha_1 + \beta_1 = 1$$

Modelo IGARCH

En algunos estudios se da un valor de $\alpha_1 + \beta_1$ muy cercano a la unidad, lo que conduce al modelo GARCH Integrado, conocido como “Integrated GARCH” (IGARCH) desarrollado por Ingle y Bollerslev (1986) y Nelson (1990). En estos casos los shocks en la volatilidad del retorno de los activos se muestran persistentes para un largo periodo en el futuro.

En el modelo IGARCH el polinomio autorregresivo en la ecuación de la varianza tiene una raíz exactamente igual a 1. Por lo que la línea de evolución volátil es probabilística.

En el caso particular de $p = 1$ y $q = 1$, el modelo IGARCH(1,1) puede escribirse:

$$y_t = a_t \cdot \sigma_t$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sigma_{t-1}^2 + \alpha(y_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2), t = 1, 2, \dots$$

Lo que hace que un shock en varianza condicional sea persistente, no desapareciendo nunca su efecto, a diferencia de lo que ocurre en el modelo GARCH(1,1). Además la varianza no muestra reversión a la media, por lo que transcurren periodos largos antes que la varianza vuelva a tomar su valor promedio.

El proceso puede escribirse también,

$$y_t^2 = \omega + a_{t-1}^2 + \alpha(y_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2) + (y_t^2 - \sigma_t^2), t = 1, 2, \dots$$

en este modelo al re parametrizarlo como antes, llegamos a un interesante resultado:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + a_{t-1}^2 + w_t - \beta w_{t-1}$$

el modelo IGARCH(1,1) es una serie que posee una raíz unitaria en la varianza condicional.

Los procesos IGARCH(p,q) pueden ser expresados de la forma:

$$a_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2}$$
$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p a_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

las restricciones para los parámetros so ahora:

$$\alpha_0 > 0, \alpha_1 \geq 0, \beta_1 \geq 0$$
$$\alpha_1 + \dots + \alpha_q + \beta_1 + \dots + \beta_q = 1$$

El Modelo IGARCH ha recibido particular atención en diversos estudios, pues a pesar de que representa un proceso persistente, no estacionario en covarianza, es un proceso estrictamente estacionario en el sentido de que la varianza condicional tiende en el largo plazo a un valor constante.

Modelos GARCH-M

Esta clase de modelos incorporan una interesante característica al introducirse medias no nulas. Considera la hipótesis de que el valor de los retornos de un activo podría verse influenciada por la volatilidad de los retornos. De manera que la varianza condicional aparece como un regresor en el modelo para permitir que la media condicional dependa de la varianza condicional.

La ecuación de los retornos debería incluir rezagos de los retornos como variables explicativas; sin embargo si se considera la hipótesis que la volatilidad de los retornos podría afectar el nivel de los mismos, es necesario incorporar rezagos de la volatilidad de los retornos como variables explicativas.

En 1987 Engle, Lilien y Robins idearon esta clase de modelos para permitir que la media condicional dependa de la varianza condicional. Estos modelos se usan en el mercado de capitales en los llamados CAPM donde el objetivo es

comparar dos variables, el rendimiento del mercado, ambos, respecto de la tasa libre de riesgo.

El rendimiento que pueda tener un título dependerá que presente la economía, estas condiciones se reflejan en el índice general del mercado bursátil.

La relación entre estos dos excesos de rendimiento (del título y del mercado) está dada por una constante llamada beta y es la que expresa el exceso de rendimiento de un título sobre el rendimiento que ofrece el mercado. Beta mide el riesgo de un título en relación al riesgo del mercado. Es una prima de riesgo, por lo que un incremento en la varianza de la rentabilidad conduce a un momento en la rentabilidad esperada.

La relación básica dice que si $\beta < 1$ a esta beta se le llama *defensiva*, porque aminora las variaciones, es un escudo frente a las grandes caídas en el rendimiento del mercado. Por otra parte si $\beta > 1$, se le llama una beta *agresiva*, ya que magnifica las experiencias del mercado, cuando el mercado va al alza los rendimientos títulos suben más, pero también cuando el mercado se desploma los rendimientos se hundirán.

El modelo GARCH-M incorpora directamente el efecto ARCH en las variables explicativas, aunque algunas veces resulta no significativo si el rendimiento de mercado compete como otro regresor en el modelo.

Supondremos que los agentes tienen aversión al riesgo, es decir, son renuentes a aceptar mayores riesgos si no hallan que el rendimiento del activo compensa el riesgo asumido. El modelo está construido de modo que la desviación estándar (y así la varianza) es una medida del riesgo. El rendimiento esperado es una función creciente del nivel que presenta la varianza condicional.

$$y_t = \delta_1 + \delta_2 \sigma_t^2 + a_t$$

$$a_t = v_t * \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q a_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \sigma_{t-p}^2$$

- Se puede usar la varianza ($\gamma = 2$) o la desviación estándar ($\gamma = 1$) como un regresor.
- Los errores pueden ser un proceso MA.
- Pueden ir otras variables como regresores.
- Pueden los retrasos de la variable Y utilizarse como regresores:

$$y_t = \delta_1 + \sum_{i=1}^m m_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \gamma_i x_{t-i} + \delta_2 \sigma_t^\lambda + \mu_t$$

$$\mu_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_{r1} a_{t-r}$$

$$a_t = v_t * \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Modelos EGARCH

Los modelos hasta ahora vistos recogen adecuadamente las propiedades de distribución de colas gruesas y el agrupamiento de volatilidades, pero son *simétricos*. En ellos, la varianza condicional depende de la magnitud de las innovaciones retardadas, pero no de su signo.

En 1993 Engle y Ng definieron la curva de impactos asimétrico, en la cual hacen notar que en el mercado de capitales no repercuten igual las buenas noticias que las malas noticias, los movimientos hacia abajo en el mercado vienen con mayores volatilidades que los movimiento al alza. Cuando el rendimiento cae por debajo de lo esperado nos lleva a un escenario donde las noticias son malas, esto viene asociado a la observación de que la volatilidad se incrementa y por otra parte cuando las noticias son buenas la volatilidad disminuye.

Para recoger los efectos apalancamiento observados por Engle y Ng se idearon modelos asimétricos que permitían capturar el efecto más fuerte que tienen los rendimientos negativos en la volatilidad.

Dentro de la familia de modelos con varianza condicional variable hay dos modelos que se utilizan para modelar esta característica asimétrica observada en series financiera: EGARCH y TARARCH.

En 1990 Pagan y Schwert y luego Nelson⁶ (1991) introdujeron el Modelo EGARCH o exponencial GARCH el cual permite que la volatilidad condicional sea una función asimétrica del pasado de los datos, su forma funcional puede ser escrita como:

$$a_t = v_t * \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\log(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \alpha_1 \left(\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}^2} \right) + \beta_1 \log(\sigma_{t-1}^2) + \theta \left[\left| \frac{a_t}{\sigma_t^2} \right| - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right]$$

El modelo EGARCH permite que las noticias buenas o malas (shocks), afectan a la volatilidad de diferentes maneras. Hay que notar que el lado izquierdo de la ecuación es el logaritmo de la varianza condicional. Esto implica que el efecto leverage es exponencial más que cuadrático.

La persistencia en la volatilidad viene indicada por el parámetro β , mientras que α_1 mide la magnitud del efecto apalancamiento. La hipótesis del efecto apalancamiento se testea con la significatividad de α_1 , si este coeficiente es distinto de cero significa que el impacto es asimétrico. En este modelo se espera que $\alpha_1 < 0$, lo que implicaría que innovaciones negativas tuviesen un mayor impacto sobre la volatilidad que innovaciones positivas de igual tamaño.

Por su gráfica, este modelo tiene la propiedad de ser un proceso de aparentemente estacionario en covarianza, sin embargo, arroja pocas observaciones pero extremadamente largas, es decir su varianza sorpresivamente de saltos muy largos. Por lo que la varianza viene definida exponencialmente, de allí su nombre.

El modelo estándar GARCH detallado anteriormente tiene una curva de impacto de noticias de forma simétrica y centrada. Esto implica que tanto shocks positivos como negativos van a responder de la misma manera sobre la volatilidad

⁶ NELSON, Daniel, "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", en *Econometría*, N° 59 (Wisconsin, 1991), págs 347/370.

del activo. Además que un shock de gran magnitud debería de crear una mayor volatilidad que una tasa proporcional al cuadrado del tamaño del impacto. Pero como el modelo GARCH se encuentra definido de forma simétrica entonces ante un shock negativo el modelo va a sub-predecir la cantidad de volatilidad y sobre-predecir ante un evento positivo.

Otras limitaciones del modelo GARCH son las desigualdades que tienen que cumplir los parámetros, estas restricciones eliminan el comportamiento al azar-oscilatorio que pueda presentar la varianza condicional. En cambio en un modelo EGARCH no hay restricciones en los parámetros.

El caso general es

$$a_t = v_t * \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\log(\sigma_t^2) = \alpha_0 + g\left(\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}^2}\right) + \sum_{j=1}^p \alpha_j g\left(\frac{a_{t-j-1}}{\sigma_{t-j-1}^2}\right) + \sum_{i=1}^q \beta_i \log(\sigma_{t-i}^2)$$

Nelson recomienda tomar la función g como:

$$g(x) = \alpha_1 * x + \alpha_2 * (|x| - E|x|)$$

Porque al ser una combinación lineal entre x y desviaciones sobre su valor absoluto, garantiza una respuesta simétrica por parte de la varianza condicional ante los movimientos de x. Se considera que los episodios de crack en los mercados asociados con elevada volatilidad, sus estimaciones de α_1 y α_2 son prácticamente la unidad indicando una enorme persistencia que tiene cada shock sobre la varianza condicional.

Modelos TARARCH

Los modelos que son capaces de reproducir efectos asimétricos son los llamados modelos TARARCH (Threshold Heteroskedastic Autoregressive Models). Son modelos que dependen de un umbral (threshold) por medio del cual definen su reacción. Este modelo fue introducido por primera vez por Glosten,

Jagannathan y Runkle⁷ quienes consideraron una especificación para la varianza condicional distinta a las planteadas anteriormente.

$$a_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \delta d_{t-1})a_{t-1} + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

$$\alpha_0 > 0, \beta_1, \alpha_1 > 0 \quad \alpha_1 + \beta_1 + \frac{\delta}{2} < 1$$

$$d_{t-1} = 1 \text{ si } a_{t-1} < 0 \text{ y } d_{t-1} = 0 \text{ si } a_{t-1} > 0$$

En este modelo las malas noticias son interpretadas como valores negativos de los residuos de la regresión y las buenas como valores de residuos positivos. Note con cuidado que si la innovación es negativa el umbral está prendido, por lo que el efecto sobre la varianza condicional es mayor, por una contribución. Mientras que si la innovación es positiva el umbral está apagado y no hay contribución a la varianza condicional.

Este modelo incluye un caso particular al modelo GARCH (1,) cuando $\delta = 0$. En cambio, cuando $\delta \neq 0$ el modelo explica posibles asimetrías en la varianza de y_t . Por lo que δ mide el peso que tienen las malas noticias, si es cero no hay efecto asimétrico, este punto es vital para decidir si un modelo pertenece a esta familia puesto que se hace la estimación y se procede a realizar la prueba de hipótesis $\delta = 0$ utilizando el estadístico t-student común y corriente.

En resumen, el efecto que hay sobre la varianza condicional es que las buenas noticias tiene un impacto de magnitud α mientras que eventos negativos tendrán un impacto que pesa $\alpha + \delta$. Si $\delta > 0$, se puede decir que el efecto leverage existe, es decir si es diferente a cero el impacto de noticias será asimétrico.

⁷ GLOSTEN, L., JAGANNATHAN, R. Y RUNKLE, D., " On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Normal Excess Return on Stocks" en Journal of Finance N° 48 (Amsterdam, 1993), págs. 1779/1801.

2.3 Definiciones Conceptuales

Producción: Es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y al mismo tiempo la creación de valor. Más específicamente es la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en un periodo.

Precios: Se conoce como la cantidad de dinero que la sociedad debe dar a cambio de un bien o servicio. Es también el monto de dinero asignado a un producto o servicio, o la suma de los valores que los compradores intercambian por los beneficios de tener, usar o disfrutar un bien o un servicio.

Petróleo: Es una mezcla de compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno en estado líquido, que se forman en depósitos subterráneos de roca sedimentaria mezclados con otros elementos, es decir, debe procesarse para poder ser comercializado.

Gas Natural: Es una mezcla de compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno en estado gaseoso, que se forman en depósitos subterráneos de roca sedimentaria, mezclados con otros elementos, es decir, debe procesarse para poder ser comercializado.

Gasolina: De acuerdo con Leffler (2000), la gasolina es un hidrocarburo liviano derivado del petróleo en el rango de los 26 a 204 °C, para usar en motores de combustión interna de encendido por chispa. Entre sus principales características se encuentra el octanaje, la medida de resistencia a la ignición de la gasolina sin la ayuda de una bujía. Un mayor octanaje implica menor resistencia. De preferencia, la gasolina utilizada en el motor debería ser de un octanaje equivalente.

Clusters de Volatilidad: Teniendo como referencia a Mandelbrot (1963), periodos de alta (baja) volatilidad tienden a venir seguidos por otros periodos de alta (baja) volatilidad.

Asimetría: Las medidas de asimetría son indicadores que permiten establecer el grado de simetría (o asimetría) que presenta una distribución de probabilidad de una variable aleatoria sin tener que hacer su representación gráfica.

No Linealidad: Se dice que un modelo tiene una especificación lineal cuando la variable endógena Y , o alguna transformación monotónica de la misma, se puede expresar como una función lineal de X o de alguna transformación de ella. El modelo es lineal o no-lineal en parámetros, más no en variables, entonces es no-lineal en parámetros porque no puede reducirse a una función que exprese una relación lineal.

Modelos Autorregresivos (AR): Es una representación de un tipo de proceso aleatorio que, como tal, describe ciertos procesos variables en el tiempo, lo que respecta al tema de esta tesis, de naturaleza económica. El modelo autorregresivo especifica que la variable de salida depende linealmente de sus propios valores anteriores. Se trata de un caso especial del modelo más general de series de tiempo ARMA.

Modelos ARCH: Engle (1982) propuso el modelo ARCH, que significa modelo auto regresivo condicionalmente heterocedástico, el cual hace parte de la familia de modelos adecuados para modelar la volatilidad de una serie.

Modelos GARCH: Una clase más general de modelos, los GARCH (modelos generalizados auto regresivos condicionalmente heterocedásticos), que extiende la clase de los modelos ARCH, fue introducida por Bollerslev (1991). En los modelos GARCH, dado que la volatilidad depende del cuadrado de los errores, esta es afectada simétricamente por las innovaciones positivas y negativas. Además, los parámetros para la volatilidad tienen restricciones: deben ser no negativos.

Modelos EGARCH: Los modelos GARCH no reflejan completamente la naturaleza de la volatilidad de algunos activos financieros. Estos modelos no tienen en cuenta un comportamiento asimétrico propio de la volatilidad de los retornos de las series financieras, que es el efecto de apalancamiento. En otras

palabras, la volatilidad se comporta diferente frente a innovaciones positivas que frente a negativas. No reacciona de la misma manera frente a un alza en el precio de un activo que con respecto a una caída en el precio de éste.

Modelos TARCH: Los modelos TARCH (Threshold Heteroskedastic Autoregressive Models) son capaces de reproducir efectos asimétricos son los llamados modelos, dependen de un umbral (threshold) por medio del cual definen su reacción. Este modelo fue introducido por primera vez por Glosten, Jagannathan y Runkle quienes consideraron una especificación para la varianza condicional distinta a las planteadas anteriormente

Modelos GARCH-M: Esta clase de modelo incorpora una interesante característica al introducirse medias no nulas. Considera la hipótesis que el valor de los retornos de un activo podría verse influenciada por la volatilidad de los retornos. De manera que la varianza condicional aparece como un regresor en el modelo para permitir que la media condicional dependa de la varianza condicional.

2.4 Formulación de Hipótesis

2.4.1 Hipótesis Principal

- Existe un efecto traspaso sobre los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, causado por la asimetría en el precio internacional del petróleo, periodo 2000-2016.

2.4.2 Hipótesis Secundarias

- Existe una reacción asimétrica y no lineal en los precios de la gasolina y el gas natural producto de shocks en el mercado mundial del petróleo tanto en el corto plazo como en el largo plazo.
- Existe un mayor ajuste asimétrico en los precios de la gasolina y el gas natural cuando el precio internacional del petróleo se incrementa que cuando disminuye.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

Como se describe a lo largo del presente documento, esta tesis investigó el efecto traspaso de los precios internacionales del petróleo hacia los precios del gas natural y de la gasolina, esto último relacionado al mercado Peruano, utilizando data semanal para el periodo enero 2000 – noviembre 2016. Se establece como variable explicativa los precios internacionales del petróleo.

La metodología utilizada para la investigación incorpora un primer punto de análisis deductivo, donde se realiza la conceptualización del problema, y se le sitúa en su contexto económico. Además, se reconoce el modelo a ser utilizado, el cual será encausado hacia los fines enunciados.

Como segundo punto de análisis, el método es inductivo, pues se analiza la información secundaria producida por fuentes de instituciones públicas, la cual es utilizada de acuerdo a la especificación del modelo.

Metodológicamente, por su propósito es básica, porque va a permitir extender el conocimiento sobre la relación existente entre el precio del petróleo internacional sobre los precios finales del gas natural y de la gasolina. Por su nivel de alcance es longitudinal retrospectiva de tendencia, ya que se analizará el periodo 2000-2016.

Son varias las razones por las que se desea modelar y predecir la volatilidad. En primer lugar, buscamos analizar el riesgo de un activo o el valor de una opción. En segundo lugar, el pronóstico de los intervalos de confianza puede ser variable en el tiempo, por lo que los intervalos más precisos pueden ser obtenidos mediante el modelo de la varianza de los errores. Tercero, los estimadores más eficientes se pueden obtener si la presencia de heteroscedasticidad en los errores se maneja de forma adecuada.

El nivel de investigación es explicativo, ya que plantea una dirección de causalidad entre las variables, además del tipo de vínculo que mantienen. Por el tipo de fuente utilizada, se considera secundaria, al inspeccionarse estudios precedentes sobre el tema y datos estadísticos. La naturaleza de la investigación es cuantitativa, por las cifras de precios y efecto traspaso a los precios del mercado local energético.

Resumiendo, la presente investigación propuesta es una verificación empírica, con magnitud de nivel demostrativo y explicativo que permitirá ampliar conocimientos entorno a la problemática de las variables antes mencionadas.

En las secciones siguientes se aborda la operacionalización de las variables, luego se analiza las variables de forma individual y conjunta para su posterior especificación dentro de la extensión de los modelos ARCH. Dentro de ellas, el modelo determinístico GARCH-M, es decir, haciendo uso de un modelo auto regresivo condicionalmente heteroscedástico en media, ayudó a identificar los posibles efectos traspaso en la muestra. Finalmente, se presenta las proyecciones estimadas de cada variable que explican el comportamiento futuro de las mencionadas variables.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

Para el presente estudio se ha considerado la información:

- De los precios internacionales del petróleo, cuya fuente es el portal de Bloomberg.
- De los precios del Gas Natural, cuya fuente es el portal de Bloomberg.
- De los precios de la gasolina, cuya fuente es las estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

3.2.2 Muestra

Para el presente estudio se ha acopiado información:

- De los precios internacionales del petróleo en el periodo 2000-2016, cuya fuente es el portal de Bloomberg.

- De los precios del Gas Natural en el periodo 2000-2016, cuya fuente es el portal de Bloomberg.
- De los precios de la gasolina en el periodo 2000-2016, cuya fuente es las estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

3.3 Operacionalización de las Variables

Variables Dependientes

y_1 : Precio final del gas natural

Indicador: La serie de precios finales del gas natural, con frecuencia semanal. Precios del gas natural cotizados en Estados Unidos de Norteamérica.

y_2 : Precio final de la gasolina

Indicador: La serie de precios finales de la gasolina, con frecuencia semanal. Precios de la gasolina cotizados en el mercado peruano.

Variable Independiente

x : Precio final del petróleo.

Indicador: La serie de precios finales del petróleo, con frecuencia semanal. Precios del petróleo cotizados en Estados Unidos de Norteamérica.

3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Respecto al uso de los datos se consultó las estadísticas elaboradas por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), y por el portal de Bloomberg; en el primer caso la fuente es del sector público y en el segundo, es una fuente de uso privado y público, la cual requiere tener licencias para su uso.

Nuestros datos consisten en series de tiempo de los precios finales del petróleo crudo WTI y del gas natural con frecuencia semanal obtenidos del portal de Bloomberg, respecto a los precios de la gasolina, estos se obtienen con frecuencia semanal de la base de datos del BCRP.

Para la delimitación temporal de la investigación, se eligió el período comprendido entre el 07 de enero de 2000 y el 04 de noviembre de 2016 porque contiene los sucesos más importantes respecto a la volatilidad en el precio del

petróleo, además por ser el más extenso y confiable. Si bien hay datos disponibles del precio del petróleo desde octubre de 1991, no tendría mayor relevancia ya que los datos del precio del gas natural están disponibles a partir de enero del año 2000. Asimismo, los precios de la gasolina durante (1984-1993) en la economía peruana, sufrieron alzas constantes producto de la inflación, lo cual distorsionaba las estimaciones.

Estadística descriptiva

La estadística descriptiva realizada tuvo como objeto tener evidencia preliminar de parámetros cambiantes en la muestra (media, varianza, curtosis, etc) para cada una de las variables; posteriormente, se muestra la gráfica de las series de cada variable, de forma individual y conjunta.

Pruebas estadísticas

Para realizar las pruebas estadísticas se tuvo en consideración lo siguiente:

- Para conocer el tipo de serie de tiempo que iban a ser especificadas de manera lineal y posteriormente no lineal, se utilizó el *software* Eviews 8.0 para su tratamiento, el cual consistió en aplicarle retornos logarítmicos a las series, aplicarles test estadísticos que demuestran la confiabilidad de los instrumentos, etc.
- Luego se analizó la presencia de raíz unitaria en cada una de las series utilizando el análisis figura como el correlograma y el análisis estadístico mediante los *tests Augmented Dickey-Fuller, Phillips-Perron, Ng-Perron* indicando la presencia de raíz unitaria.
- Para demostrar que el tratamiento de la serie necesita herramientas no lineales, mediante el uso del histograma, se evidencia que los retornos presentan un elevado nivel de curtosis, para ello, los modelos ARCH (p,q) son los que incorporan mayor grado de libertad y permite incorporar la volatilidad en la varianza.

- Posteriormente, para encontrar el modelo que mejor se ajusta a las series, se utilizarán los *Criterios de Akaike y Schwarz*; concluida la etapa de selección del modelo, se procederá a pronosticar el posible comportamiento de las variables.

3.41 Pasos realizados para la estimación de los modelos

3.411 Pasos previos

Para lograr modelar la volatilidad y hacer el pronóstico de la serie de tiempo estudiada, además de utilizar modelos econométricos, procesados a través del Software Eviews 8, se aplicaron los siguientes pasos:

Paso 1: Se partió de los precios semanales del Petróleo, Gasolina y Gas Natural, a partir de 07 de enero del año 2000 hasta el 01 de enero de 2016 y su respectiva grafica para determinar la estacionalidad y tendencia de las series.

Paso 2: Luego se les aplicó la primera diferencia logarítmica, para calcular los rendimientos semanales de los activos estudiados. Una vez realizada esta transformación las series se tornan estacionarias. Con la diferenciación se eliminó la tendencia, mientras que el Logaritmo Natural se encargó de la heterocedasticidad, por lo que las series objetos de estudios se quedaron lista para ser analizadas y pasar el siguiente paso.

Paso 3: Se calculó la volatilidad histórica, la volatilidad dinámica con suavizamiento exponencial y la volatilidad a patir de los modelos ARCH y GARCH.

Paso 4: Se implementó la metodología Box-Jenkins (ver figura 1) para realizar el pronóstico, el cual considera cuatro pasos a seguir: i) identificación, ii) estimación, iii) validación y iv) pronóstico. A través de estos pasos se identificó el proceso generador de los datos, se estimó los parámetros que caracterizan dicho proceso, se validó el cumplimiento de los parámetros y se pronosticaron nuevos datos para tomar decisiones (Gujarati y Porte, 2009).

Paso 5: Se calcularon las medidas de precisión, tales como el error cuadrático medio, el error absoluto medio, coeficiente de desigualdad de Theli y la descomposición del error cuadrático, que permitieron evaluar los pronósticos, y se eligió el modelo en el cual la diferencia entre los valores pronosticados y los valores reales fue menos (Hernández, 2009).

Como anexo N° 2, se presenta los resultados de la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller a las series de precios internacionales del petróleo, gas natural y de la gasolina. El uso de esta prueba se justifica por el potencial del cambio estructural en la serie de precios en el periodo de estudio que se caracteriza por varios episodios de crisis por eventos terroristas y/o eventos geopolíticos. Los resultados obtenidos indican que las tres series de precios no son estacionarias en los niveles convencionales, por lo que son adecuados para la poner a prueba los modelos ARCH, GARCH, EGARCH, TARARCH y demostrar que el modelo GARCH-M es el más eficiente.

En atención a lo indicado en el párrafo precedente, se justifica el uso de los modelos ARCH (p,q) para verificar el mejor tratamiento de las series analizadas en el presente documento, por tal motivo como Anexo N° 3 se resumen los principales modelos que se pondrán a prueba y verificar que el modelo GARCH-M es el que mejor se ajusta.

Por lo tanto, para verificar si los modelos propuestos son representativos, se realizó la prueba de Hipótesis de eficiencia por cada modelo propuesto, según se detalla a continuación:

a) Modelo ARCH

a. Hipótesis Nula H_0 :

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 = 0$$

b. Hipótesis Alternante H_1 :

$$h_t \neq \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \neq 0$$

c. Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

d. Prueba estadística: Dickey-Fuller

- e. Conclusión: Con un nivel de significancia del 5% se concluye que:
- El test de Dickey-Fuller es significativo y menor al 5%, por lo cual se acepta la H_1 .
 - El uso del modelo ARCH si es significativo para realizar el tratamiento de series de alta frecuencia.

b) Modelo GARCH

- a. Hipótesis Nula H_0 :

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 h_{t-1} = 0$$

- b. Hipótesis Alternante H_1 :

$$h_t \neq \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 h_{t-1} \neq 0$$

- c. Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

- d. Prueba estadística: Dickey-Fuller

- e. Conclusión: Con un nivel de significancia del 5% se concluye que:

- El test de Dickey-Fuller es significativo y menor al 5%, por lo cual se acepta la H_1 .
- El uso del modelo GARCH si es significativo para realizar el tratamiento de series de alta frecuencia.

c) Modelo EGARCH

- a) Hipótesis Nula H_0 :

$$\log(h_t) = \alpha_0 + \beta_1 \log(h_{t-1}) + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \alpha \left[\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} - \sqrt{2\pi} \right] = 0$$

- a. Hipótesis Alternante H_1 :

$$\log(h_t) \neq \alpha_0 + \beta_1 \log(h_{t-1}) + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \alpha \left[\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} - \sqrt{2\pi} \right] \neq 0$$

- b. Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

- c. Prueba estadística: Dickey-Fuller

- d. Conclusión: Con un nivel de significancia del 5% se concluye que:

- El test de Dickey-Fuller es significativo y menor al 5%, por lo cual se acepta la H_1 .
- El uso del modelo EGARCH si es significativo para realizar el tratamiento de series de alta frecuencia.

b) Modelo TAR

a. Hipótesis Nula H_0 :

$$h_t^Y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-1}| - \gamma_i |\varepsilon_{t-i}|)^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^\delta = 0$$

b. Hipótesis Alternante H_1 :

$$h_t^Y \neq \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-1}| - \gamma_i |\varepsilon_{t-i}|)^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^\delta \neq 0$$

c. Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

d. Prueba estadística: Dickey-Fuller

e. Conclusión: Con un nivel de significancia del 5% se concluye que:

- i) El test de Dickey-Fuller es significativo y menor al 5%, por lo cual se acepta la H_1 .
- ii) El uso del modelo TAR si es significativo para realizar el tratamiento de series de alta frecuencia.

c) Modelo GARCH-M

a. Hipótesis Nula H_0 :

$$X_t = \mu\sigma_t + a_t = 0$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 = 0$$

b. Hipótesis Alternante H_1 :

$$X_t \neq \mu\sigma_t + a_t \neq 0$$

$$\sigma_t^2 \neq \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \neq 0$$

c. Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

d. Prueba estadística: Dickey-Fuller

e. Conclusión: Con un nivel de significancia del 5% se concluye que:

- i) El test de Dickey-Fuller es significativo y menor al 5%, por lo cual se acepta la H_1 .
- ii) El uso del modelo GARCH-M si es significativo para realizar el tratamiento de series de alta frecuencia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Estadística descriptiva de las variables

Para contrastar la hipótesis de investigación, se utilizó 3 variables en el análisis: los precios internacionales del petróleo, los precios del gas natural y los precios locales de la gasolina. La presente sección describe la evolución de las variables consideradas en la estimación y los primeros resultados sin técnicas econométricas, que pueden de alguna manera, contrastar la hipótesis.

4.1.1 Precios Internacionales del Petróleo

Entre las principales propiedades del precio del petróleo se encuentran la reversión a la media y la tendencia estocástica, la reversión a la media se explica debido a que se espera que los precios converjan hacia el valor del costo marginal de extracción por barril de crudo de largo plazo. Al mismo tiempo, este valor límite puede fluctuar de manera aleatoria debido a shocks exógenos que se producen en el mercado internacional del petróleo.

La especulación financiera es también reconocida como una causa potencial de la alta volatilidad de los precios, debido a que el petróleo crudo es un bien altamente transado en los mercados mundiales de productos y que sirve de colateral para diversos tipos de instrumentos financieros (futuros, opciones, etc).

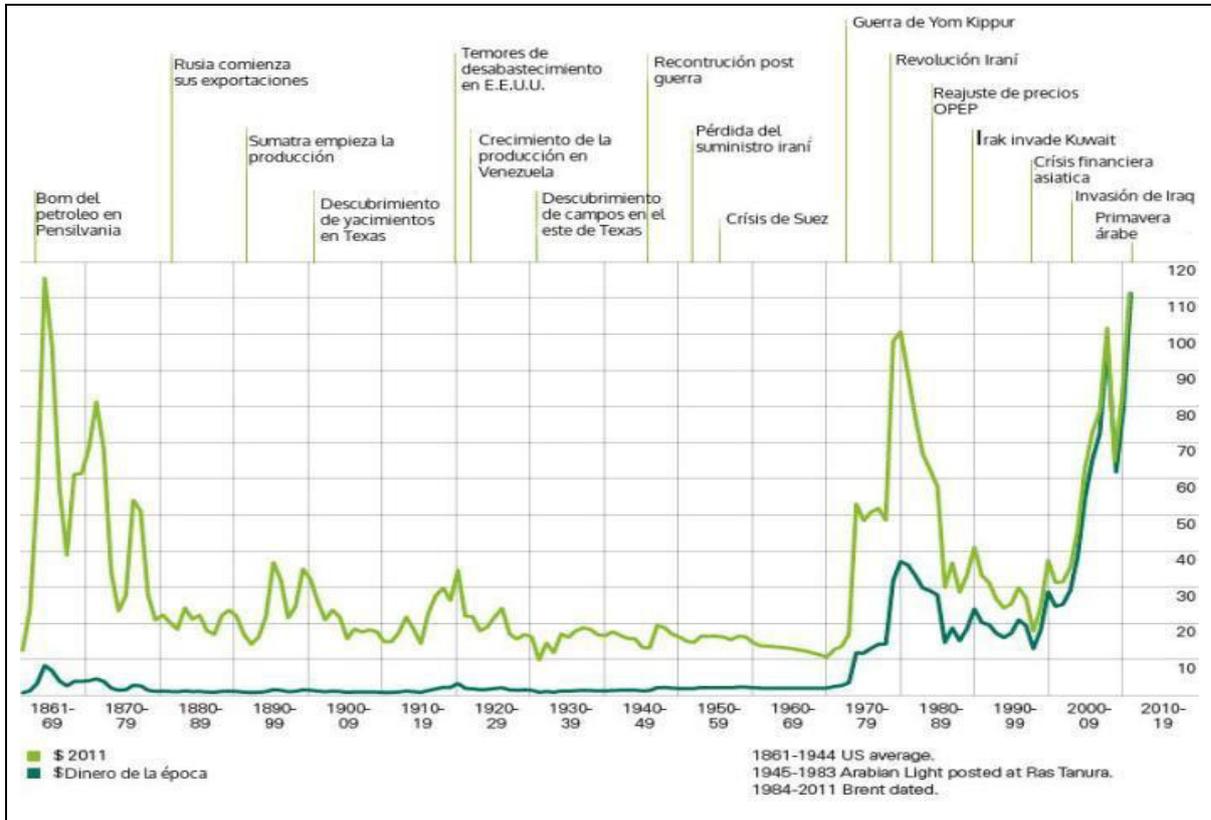
Los conflictos políticos a nivel mundial (principalmente en Medio Oriente) han jugado un rol preponderante en la demarcación de la trayectoria de los precios del petróleo a lo largo de la historia reciente.

La serie de precios del petróleo crudo sigue a lo largo de los años una senda errática, lo que parece indicar la ausencia de una tendencia determinística estable. Esta serie se caracteriza por estar afectada por shocks muy frecuentes, muchos de los cuales son de gran magnitud y tienen efectos duraderos.

Desde inicios del año 2003 y más aún desde 2007, se ha incrementado los precios internacionales del petróleo. Debido a la invasión de EE.UU a Irak en abril de 2003, la primavera árabe en 2010 que encarece el precio del petróleo.

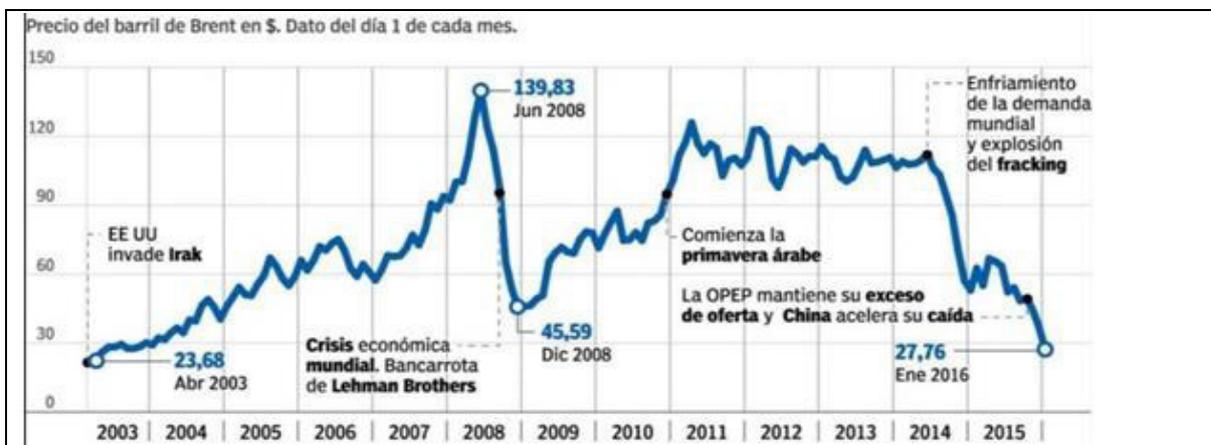
Precisamente, a mediados de 2014, los precios del petróleo disminuyen debido a un enfriamiento de la demanda mundial y explosión de fracking en EE.UU, comportamiento que se puede apreciar en la Figura N° 1 y N° 2.

Figura N° 1: Evolución de los precios del petróleo (1861-2009)



Fuente: British Petroleum

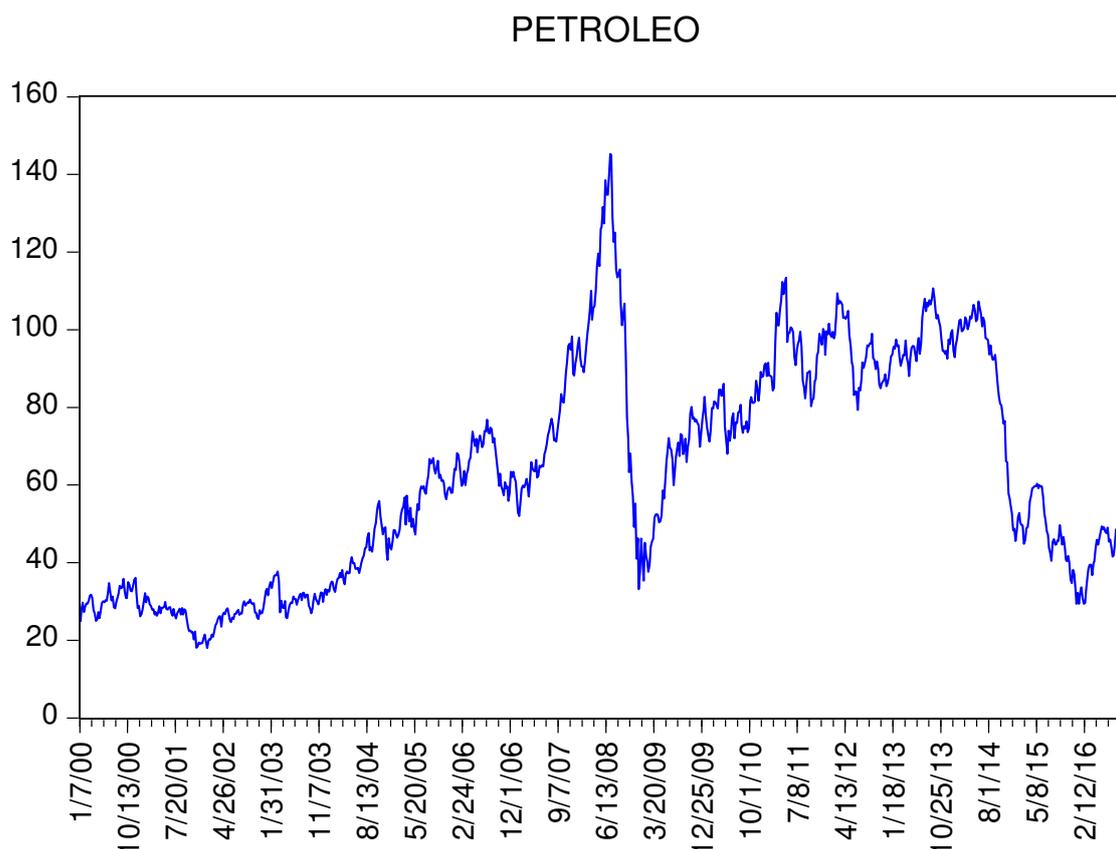
Figura N° 2: Evolución de los precios del petróleo (2003-2016)



Fuente: Bloomberg Index

Por tratarse de datos semanales, en la gráfica se aprecia la evolución del precio internacional del petróleo (periodo 2000-2016), para ello se aplicó el Seasonal Adjustment-Census X12 del Eviews 8.0, el cual se puede apreciar en la Figura N° 3.

Figura N° 3: Evolución de los precios del petróleo (2000-2016)



Fuente: Bloomberg (WTI) – Elaboración propia – Precio del Barril en Dólares

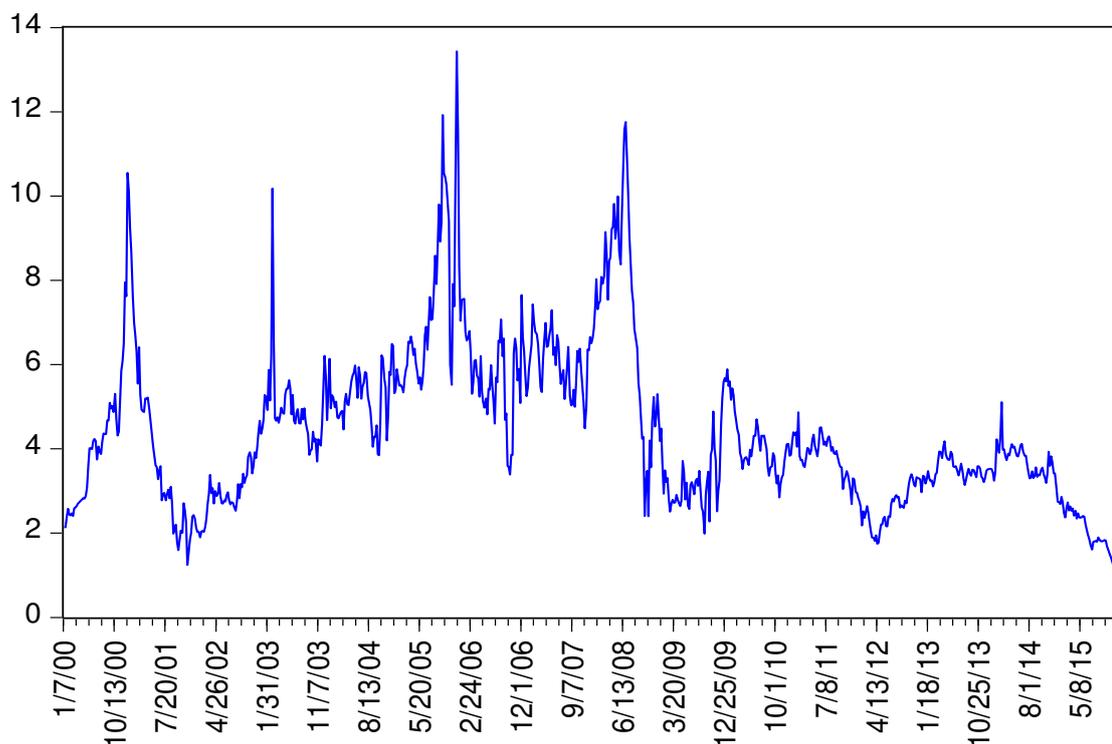
4.1.2 Precios del Gas Natural

Por su parte, la evolución de los precios del gas natural muestran picos altos en el tercer trimestre de 2000, primer trimestre de 2003 y valores máximos en el segundo trimestre de 2006 y 2008. A partir mediados de 2010 los precios tienden a la baja.

Por tratarse de datos semanales, en la gráfica se aprecia la evolución del precio del gas natural (periodo 2000-2016), para ello se aplicó el Seasonal Adjustment-Census X12 del Eviews 8.0, el cual se puede apreciar en la Figura N° 4.

Figura N° 4 Evolución de los precios del gas natural (2000-2016)

GAS



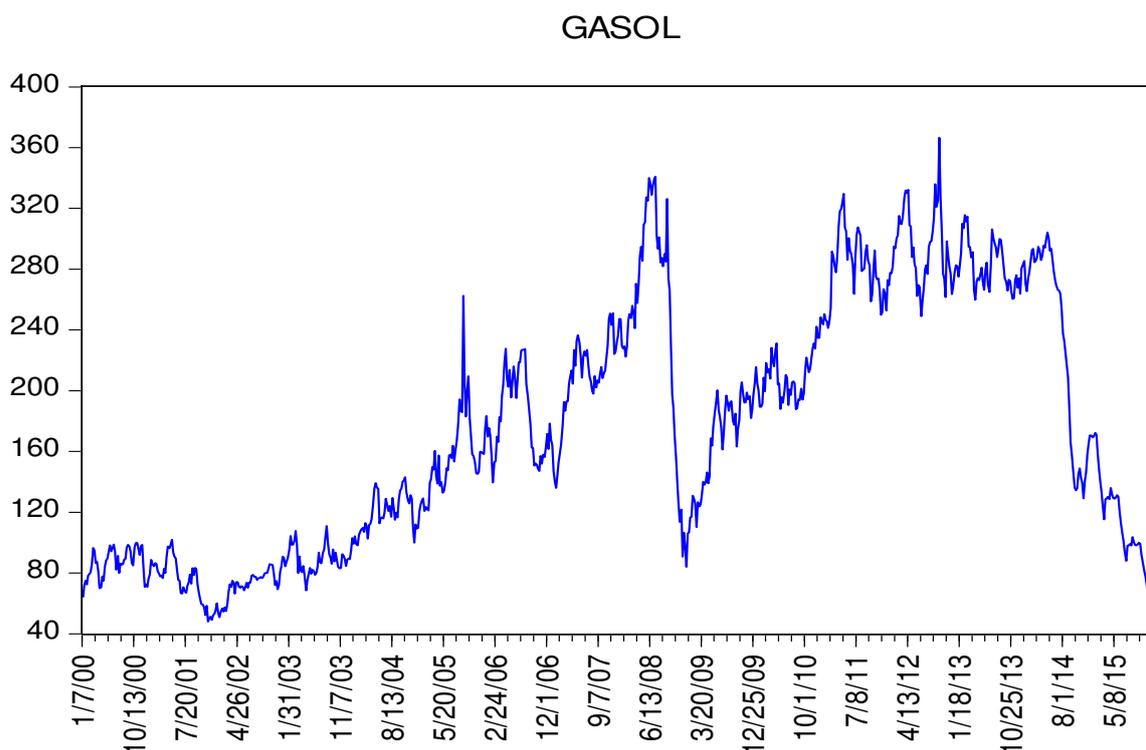
Fuente: Bloomberg (WTI) – Elaboración propia – Precio BTU en Dólares

4.1.3 Precios de la Gasolina

Por su parte, la evolución de los precios de la gasolina muestran comportamientos similares a los precios del petróleo, esto se explicaría empíricamente por efecto traspaso de los precios internacionales a los precios de la gasolina en el mercado local, incrementándose en los años 2003 y 2010. Asimismo, una disminución en los precios a mediados de 2014.

Por tratarse de datos semanales, en la gráfica se aprecia la evolución del precio del gas natural (periodo 2000-2016), para ello se aplicó el Seasonal Adjustment-Census X12 del Eviews 8.0, el cual se puede apreciar en la Figura N° 5.

Figura N° 5 Evolución de los precios de la gasolina (2000-2016)



Fuente: BCRP – Elaboración propia – Precio del galón en Dólares

4.1.4 Análisis conjunto de las variables

Los precios de los productos básicos se expresan en dólares estadounidenses. La tabla N° 1, presenta la estadística descriptiva de las series de precios, así como sus propiedades estocásticas. Los precios promedio semanales van de \$ 175.78 por galón de gasolina a \$ 62.38 por barril de petróleo crudo. Sobre una base semanal, los precios del petróleo WTI y de la gasolina (BCRP) alcanzan su valor máximo de \$ 145.31 y \$ 366.45 en julio de 2008 y noviembre de 2012 respectivamente, mientras que el pico más alto en el precio del gas natural (\$ 13.43) se observó en diciembre de 2005.

Todas las series presentan un sesgo positivo y muestran un significativo grado de curtosis, lo que significa que los extremos son mayores y presentan colas anchas ya que no permiten que sea una distribución normal. La prueba de Jarque-Bera indica la no normalidad de todas las series de precios.

Tabla N° 1: Estadística Descriptiva de los precios**PROPIEDADES ESTOCÁSTICAS DE LAS SERIES DE PRECIOS**

Precios	Petróleo Crudo	Gasolina	Gas Natural
Significancia	51.536	1,436	4,794
Máximo	145.31	366.45	13.43
Mínimo	18.02	18.05	1.23
Desviación Estándar	28.78	81.72	1.90
Oblicuidad	0,580	0.25	1.173
Curtosis	1.96	1.74	4.856
JB	47.59	64.17	311.51
DF	-1.571	-1.859	-4.172

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 2 muestra cómo el promedio del retorno de los precios del petróleo, gas natural y gasolina cambia, aunque no de manera significativa, en cada uno de los retornos. Sin embargo, la diferencia es más evidente cuando medimos la desviación estándar para los mismos intervalos de tiempo, que sumados al coeficiente de nivel de curtosis, podría tenerse una primera aproximación a que los parámetros del modelo que se especifique, deberán controlar el nivel de volatilidad en las series.

Tabla N° 2: Estadística Descriptiva de las variables**ANÁLISIS DISCRIPTIVO DE LAS VARIABLES EN NIVELES**

	MEDIA	DESV. ESTANDAR	CURTOSIS
R_Petróleo	0.000685	0.053042	7.132069
R_Gas Natural	0.000258	0.105249	9.150470
R_Gasolina	0.000455	0.060092	5.261416

MATRIZ DE COVARIANZA

	R_Petr	R_Gas	R_Gasolina
R_Petr	0.002810	0.000620	0.001862
R_Gas	0.000620	0.011065	0.000706
R_Gasolina	0.001862	0.000706	0.003607

MATRIZ DE CORRELACIÓN

	R_Petr	R_Gas	R_Gasolina
R_Petr	1.000000	0.111261	0.584800
R_Gas	0.111261	1.000000	0.111834
R_Gasolina	0.584800	0.111834	1.000000

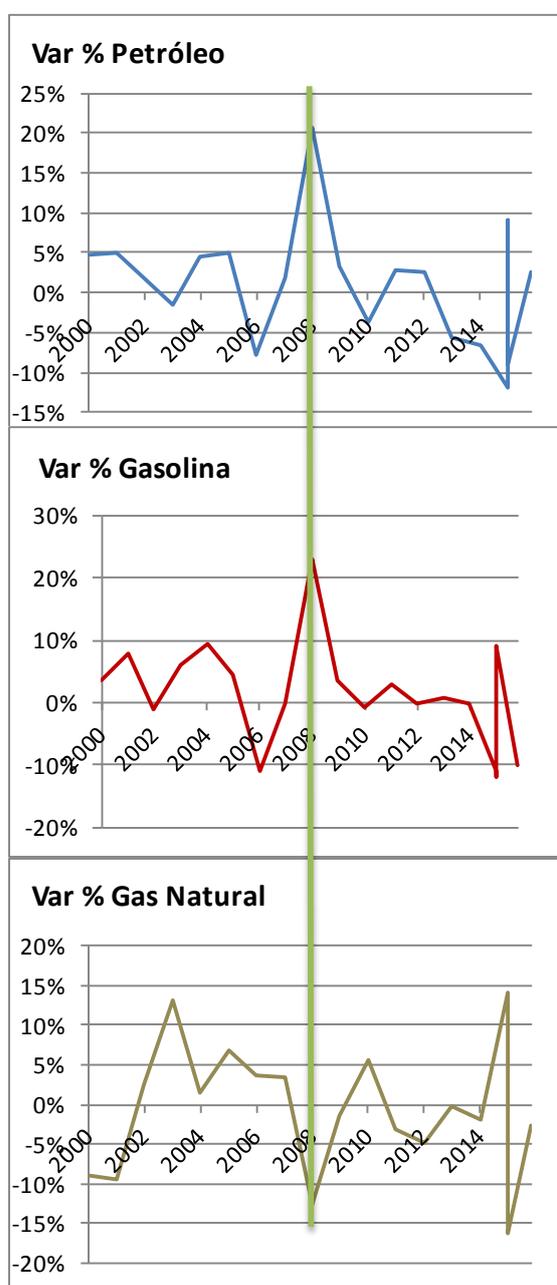
Fuente: Elaboración Propia

Una muestra más que estamos frente a parámetros cambiantes, puede observarse en la Figura N° 6, N°7 y N° 8. En el lado izquierdo se muestra las

variaciones porcentuales anuales de las variables y en el lado derecho, la figura correspondiente a estas variaciones. Puede observarse que existe co-movimientos marcados de las series petróleo y gasolina en el mismo sentido (correlación al alza y a la baja), sin embargo, la serie gas natural en el mismo periodo muestra una variación inversa a las otras series. Para su comprobación, se desagregó por precios de cierre por años, evidenciando que petróleo y la gasolina tienen variación positiva en el año 2008 mientras que el gas natural presenta variación negativa en el mismo periodo.

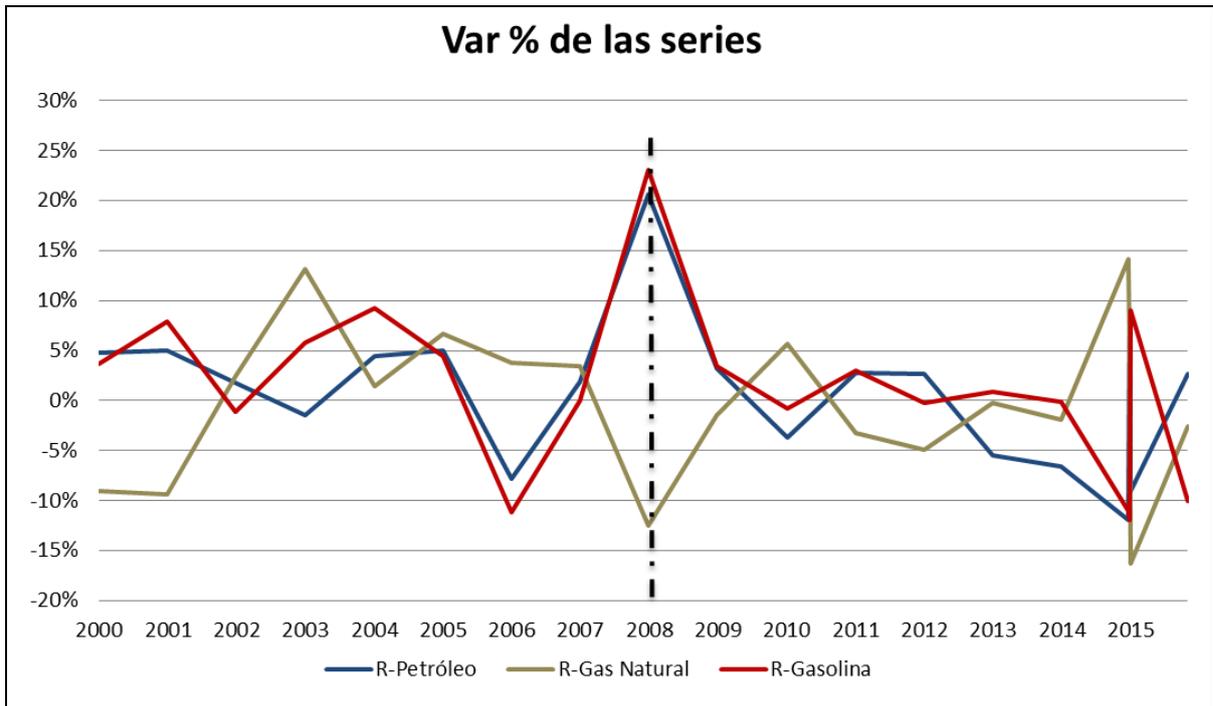
Figura N° 6: Identificación de Co-movimientos de las series

Observación	Var % Petróleo	Var % Gas Natural	Var % Gasolina
29/12/2000	5%	-9%	4%
28/12/2001	5%	-9%	8%
27/12/2002	2%	2%	-1%
26/12/2003	-1%	13%	6%
31/12/2004	4%	1%	9%
30/12/2005	5%	7%	4%
29/12/2006	-8%	4%	-11%
28/12/2007	2%	3%	0%
26/12/2008	21%	-13%	23%
25/12/2009	3%	-1%	3%
31/12/2010	-4%	6%	-1%
30/12/2011	3%	-3%	3%
28/12/2012	3%	-5%	0%
27/12/2013	-6%	0%	1%
26/12/2014	-7%	-2%	0%
18/12/2015	-12%	14%	-11%
25/12/2015	9%	6%	-12%
01/01/2016	-9%	-16%	9%
28/10/2016	3%	-3%	-10%



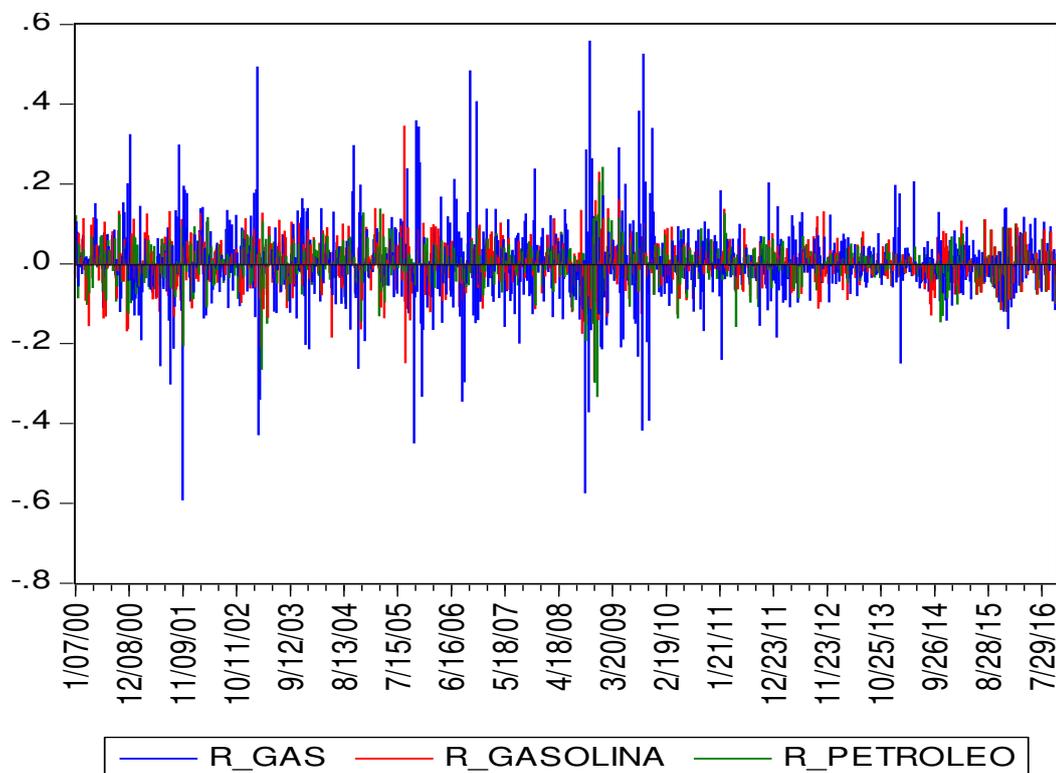
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 7: Identificación de Co-movimientos de las variables en conjunto



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 8: Desagregación semanal de los retornos: Período 2000 – 2016



Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, la presencia de raíz unitaria se puede ver en la Figura N° 9, la autocorrección parcial de las tres variables indica que existe raíz unitaria en la serie, y en el caso de la autocorrelación, los valores de la persistencia sobrepasan la banda de confianza,

Figura N° 9: Correlograma de las series

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.955	0.955	764.89	0.000
		2	0.913	0.004	1464.4	0.000
		3	0.879	0.077	2114.0	0.000
		4	0.848	0.008	2718.2	0.000
		5	0.823	0.081	3289.0	0.000
		6	0.808	0.104	3839.9	0.000
		7	0.789	-0.039	4365.1	0.000
		8	0.772	0.051	4869.1	0.000
		9	0.752	-0.045	5347.5	0.000
		10	0.735	0.053	5805.1	0.000
		11	0.716	-0.029	6240.0	0.000
		12	0.694	-0.045	6648.7	0.000
		13	0.671	-0.020	7031.2	0.000
		14	0.654	0.044	7395.0	0.000
		15	0.631	-0.071	7733.9	0.000
		16	0.610	0.002	8051.0	0.000
		17	0.591	0.007	8349.7	0.000
		18	0.572	-0.012	8629.9	0.000
		19	0.551	-0.025	8890.3	0.000
		20	0.532	-0.012	9133.0	0.000
		21	0.513	0.008	9359.1	0.000
		22	0.499	0.039	9573.2	0.000
		23	0.485	0.004	9775.6	0.000
		24	0.470	-0.021	9965.6	0.000

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Contratación de Hipótesis

El punto de partida para el análisis medular de esta investigación fue aplicar un test de causalidad en el sentido Granger, luego de haber pasado por un análisis de las series en forma independiente y conjunta, tal como se describió en el capítulo anterior. En la tabla N° 3 se puede apreciar que:

- i) los retornos de la gasolina no causa en sentido Granger al retorno del petróleo;
- ii) los retornos del petróleo si causa en sentido Granger a los retornos de la gasolina;
- iii) los retornos del gas natural no causa en sentido Granger a los retornos del petróleo; y,
- iv) los retornos del petróleo no causa en sentido de Granger a los retornos del gas natural.

Tabla N° 3: Causalidad en el sentido Granger – Datos semanales

Sample: 1/07/2000 11/04/2016 Lags: 2				Sample: 1/07/2000 11/04/2016 Lags: 4			
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.	Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
R_GASOLINA does not Granger Cause R_PETROLEO	876	1.59179	0.2042	R_GASOLINA does not Granger Cause R_PETROLEO	874	3.93630	0.1226
R_PETROLEO does not Granger Cause R_GASOLINA		8.55162	0.0002	R_PETROLEO does not Granger Cause R_GASOLINA		5.350407	0.0003
R_GAS does not Granger Cause R_PETROLEO		1.21464	0.2973	R_GAS does not Granger Cause R_PETROLEO		0.91764	0.4529
R_PETROLEO does not Granger Cause R_GAS		1.45761	0.2334	R_PETROLEO does not Granger Cause R_GAS		1.16415	0.3252

4.2.1 Análisis y selección del modelo a estimar

Respecto al tratamiento de los datos, se calcula a partir de los retornos de los precios de las tres variables utilizadas en la presente tesis, el cálculo se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$R_i = Ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Donde:

R_i , es el Retorno de los precios

P_t , es el precio en el periodo t.

P_{t-1} , es el precio en el periodo t-1.

También se identificó que la serie es estacionaria, al aplicarle la prueba de Dickey-Fuller, la cual comprueba si una raíz unitaria está presente en un modelo auto-regresivo. La prueba de hipótesis para comprobar dicha estacionareidad es la siguiente:

$$\varepsilon_t = \alpha_k \sum \Delta y_{t-k} + V_t \quad \text{Donde k: orden del rezago.}$$

$$H_0: \alpha_k = 1$$

V_t : Ruido Blanco.

$$\tau = \frac{\alpha_k - \alpha_{H_0}}{\sigma \alpha_j} H_0$$

La Hipótesis nula dice que la serie no es estacionaria dado que tiene raíz unitaria.

$$|\tau_c| > \tau^*$$

El tau debe ser negativo para rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad se necesita que:

Según se indica en la Tabla N° 4, al realizar la prueba de Dickey Fuller se observa que presenta un tau calculado negativo por lo que se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad. También se evidencia que los estadísticos Akaike y Schwarz son negativos lo que es un buen indicador. Teniendo en cuenta esto, y lo observado en el correlograma, se concluye que las series correspondientes a la primera diferencia logarítmica del precio internacional del petróleo, gas natural y la gasolina son estacionarias. Una vez que se validan los supuestos que la serie no es ruido blanco y que estas son estacionarias, se procede a identificar los procesos autorregresivos y de media móvil.

Tabla N° 4: Prueba de Dickey Fuller

a) Individual

Null Hypothesis: R_PETROLEO has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)		
		t-Statistic Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-31.79949 0.0000
Test critical values:	1% level	-3.437583
	5% level	-2.864622
	10% level	-2.568465

Null Hypothesis: R_GAS has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)		
		t-Statistic Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-32.64678 0.0000
Test critical values:	1% level	-3.437583
	5% level	-2.864622
	10% level	-2.568465

Null Hypothesis: R_GASOLINA has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-31.09557	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.437583
	5% level	-2.864622
	10% level	-2.568465

b) En conjunto

Group unit root test: Summary				
Series: R_PETROLEO, R_GAS, R_GASOLINA				
Date: 10/15/17 Time: 13:44				
Sample: 1/07/2000 11/04/2016				
Exogenous variables: Individual effects				
User-specified maximum lags				
Automatic lag length selection based on SIC: 0				
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel				
Balanced observations for each test				
Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-68.6751	0.0000	3	2631

Fuente: Elaboración Propia

Como siguiente paso, se realizaron las estimaciones de los modelos ARCH, GARCH, EGARCH, TARCH, y GARCH-M para tratar de modelar la volatilidad y mediar el efecto traspaso del precio internacional del petróleo sobre los precios de la gasolina, el cual se resume en la Tabla N° 5 y Tabla N° 6.

Tabla N° 5: Criterios de Información de los modelos estimados

Modelo	Akaike Info. Criterion AIC	Schwarz Criterion SBC	Hannan-Quinn Criterion HQC
ARCH (1,1)	-3.578733	-3.551525	-3.568327
GARCH (1,1)	-3.678325	-3.645676	-3.665838
EGARCH (1,1)	-3.694408	-3.656317	-3.679840
TARCH (1,1)	-3.691556	-3.653465	-3.676988
GARCH-M (1,1)	-3.698244	-3.660154	-3.68676

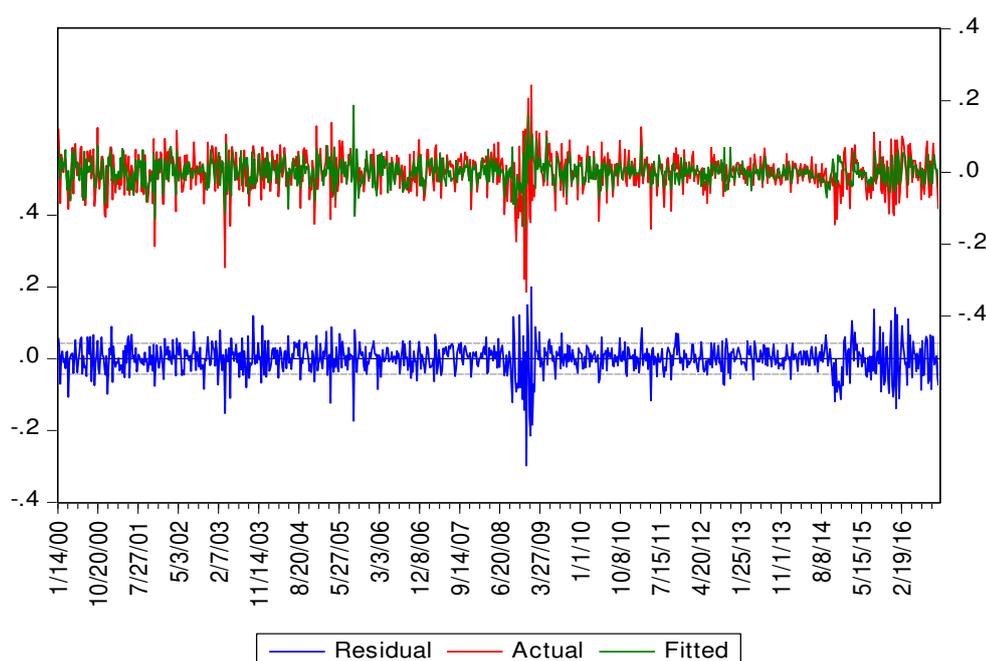
Tabla N° 6: Evaluación de la capacidad predictiva del modelo

Indicadores	ARCH (1,0)	GARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	TARCH (1,1)	GARCH-M (1,1)
R-squared	0.343681	0.343265	0.341611	0.341934	0.341447
S.E. of regression	0.043020	0.043034	0.043088	0.043077	0.043118
Sum squared resid	1.619380	1.620406	1.624488	1.623690	1.624891
Log likelihood	1576.064	1620.785	1628.845	1627.593	1621.749
Durbin-Watson stat	2.328384	2.330750	2.332296	2.332821	2.307284

De las estimaciones realizadas, todos los modelos cumplen con los indicadores de eficiencia y modelan adecuadamente la volatilidad de las series de retornos de los combustibles, pero es el Modelo GARCH-M el que tiene el menor criterio de información (AIC, SBC y HQC). Por consecuencia, utilizamos el modelo GARCH-M (1,1) para pronosticar el comportamiento de la volatilidad.

En la figura N° 10 se evidencia que los residuos de los retornos en el 75% de los casos no sobrepasan las bandas de confianza y el valor no es estadísticamente diferente de 0, es decir que si los ruidos no pasan la banda de confianza de forma persistente, se dice que estos se distribuyen como una distribución GARCH-M (1,1).

Figura N° 10: Residuos de los retornos



La regresión correspondiente al modelo más adecuado para pronosticar las series futuras del petróleo y su efecto traspaso sobre el gas natural y la gasolina se detalla en la Tabla N° 6 a partir de la siguiente fórmula:

GARCH-M

$$X_t = \mu\sigma_t + a_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Tabla N° 6: Indicadores estadísticos de los modelos estimados

Ecuación de la media

DLOG(PETROLEO)	=	-0.9580611183*	GARCH	+	0.0367666377552*	DLOG(GAS)	+	0.521985795209*	DLOG(GASOLINA)	-	0.0016833880304
----------------	---	----------------	-------	---	------------------	-----------	---	-----------------	----------------	---	-----------------

Ecuación de la varianza

GARCH	=	9.45167561389e-05	+	0.109429117574*	RESID(-1)^2	+	0.83289897718*	GARCH(-1)
-------	---	-------------------	---	-----------------	-------------	---	----------------	-----------

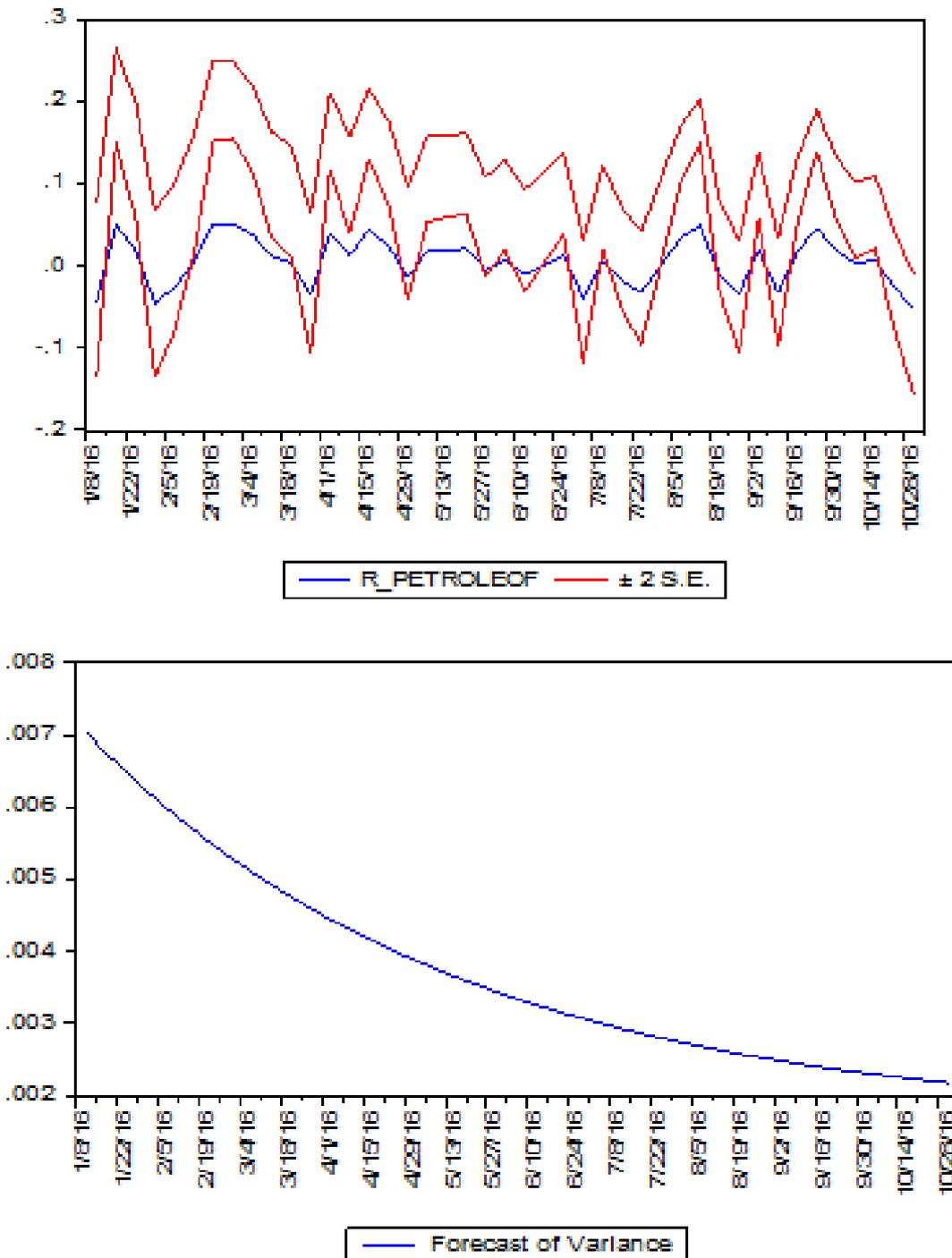
Coefficientes del modelo estimado

Coefficient	Sum	Mean	Weighted Grad.
C(1)	0.009039	1.03E-05	0.002613
C(2)	0.014495	1.65E-05	2.66E-10
C(3)	0.050388	5.74E-05	2.39E-10
C(4)	1.259751	0.001435	-3.13E-12
C(5)	-0.161317	-0.696050	1.09E-13
C(6)	-0.496569	-0.000566	-1.65E-10
C(7)	-0.858298	-0.000978	1.17E-11

En base a la fórmula anterior, los retornos del petróleo previsional de corto plazo tiene una varianza condicional que oscila en el entorno del 0.17% semanal, suponiendo que la varianza del período anterior es nula y que el error de predicción del período anterior es también nulo. En tanto, la varianza no condicional o de largo plazo es de 0.00001% semanal.

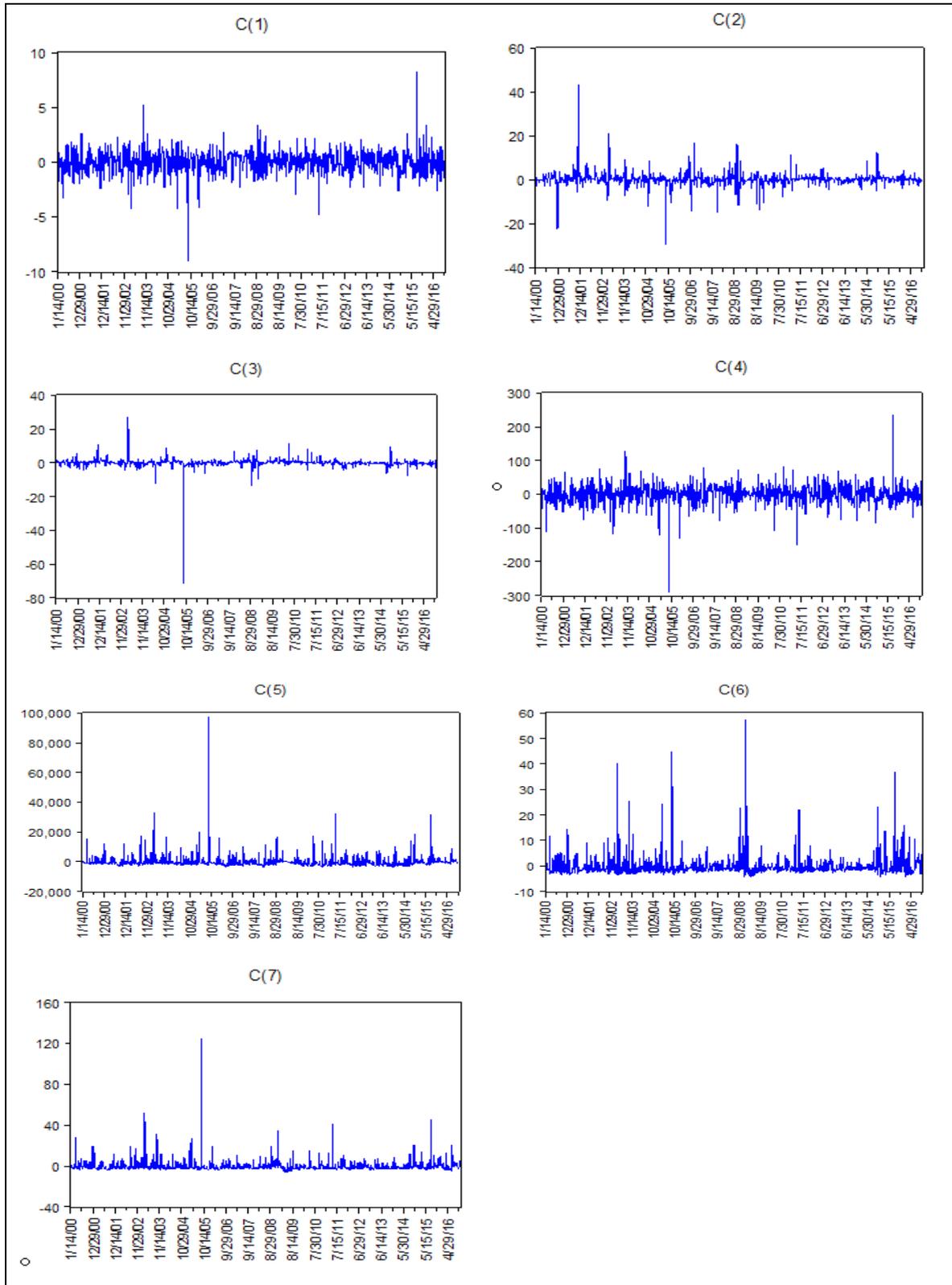
En la figura N° 11 se representa el pronóstico de los retornos del petróleo de acuerdo a las estimaciones realizadas con el Modelo GARCH-M. Se evidencia que los retornos se mantienen dentro de las bandas de ± 2 del error del pronóstico, lo cual indica que la media condicional controla la volatilidad en la mayoría de los casos. Asimismo, se visualiza una convergencia en la varianza de los retornos pronosticados.

Figura N° 11: Pronóstico



En la figura N° 12 se grafica el comportamiento de los Coeficiente C(1) a C(7) que ayudan a pronosticar los retornos futuros del precio del petróleo.

Figura N° 12: Comportamiento de los coeficientes de predicción



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

A lo largo del presente trabajo, se mencionó que esta tesis investigó la modelación de la volatilidad para demostrar el efecto traspaso del precio internacional del petróleo sobre el gas natural y la gasolina, además de evaluar la asimetría de los parámetros entre el periodo 2000 y 2016.

Teniendo en cuenta la evolución del precio internacional del petróleo, del gas natural y la gasolina, con la simple estadística descriptiva, podemos tener una primera aproximación sobre el cambio en media y varianza de las tres series. Además, por la causalidad a la Granger, es poco probable que los precios del gas natural y la gasolina sean variables explicativas del precio internacional del petróleo.

En cuanto a la identificación de los datos considerados, se utiliza un periodo de tiempo entre los años 2000 y 2016 con frecuencia semanal; que captura las épocas de asimilación de crisis financieras internacionales, inicio de la primavera árabe y la invasión de EE.UU a Irak.

Las estadísticas descriptivas, y el correlograma de las series nos indicaron que los precios de los combustibles no aceptaban la hipótesis nula de normalidad, a fin de demostrar el efecto traspaso del petróleo se trabajó con los retornos de los precios. Por la forma de la función de volatilidad, los modelos ARCH (1,1), GARCH (1,1), EGARCH (1,1), TARARCH (1,1) y GARCH-M (1,1) fueron significativos y modelaron la volatilidad de los retornos, el detalle de las estimaciones se presenta en el Anexo N° 6.

Hay que resaltar que los Modelos de volatilidad, se ajustan mejor a los datos y presentan resultados acorde con la realidad económica peruana, por lo tanto, conocer los efectos sobre la variable precios de la gasolina puede ser determinante para comprender la naturaleza de los choques en la economía.

La evidencia empírica señala que los cambios en los precios internacionales del petróleo deben tener un impacto en los precios de los combustibles y sus derivados, pues las percepciones de riesgo y volatilidad en los retornos, se mueven acorde con los fundamentos económicos. Los resultados obtenidos muestran que $\Delta\%$ del gas natural_t y $\Delta\%$ de la gasolina_t reaccionan asimétricamente ante $\Delta\%$ del Petróleo_t.

La presencia de parámetros cambiantes en las estimaciones de los cinco modelos de volatilidad utilizados en la investigación, el rechazo de la hipótesis de linealidad, la presencia de asimetrías, identificación de los choques de la $\Delta\%$ petróleo_t, hacen que se acepte las hipótesis nula. Si se enfoca sólo los hallazgos de $\Delta\%$ gas natural_t y $\Delta\%$ gasolina_t, se puede identificar el efecto traspaso que atravesó los precios de la gasolina en la economía peruana.

Por lo tanto, el precio internacional del petróleo, del gas natural y de la gasolina, guardan una relación no-lineal, donde existen parámetros o shocks cambiantes en el corto y largo plazo.

Los resultados del presente documento son compatibles con los encontrados por Hamilton, J. (2003) y Killian, L. (2008) y Barrera, C. (2007). Si bien pueden diferir en el grado de transmisión del efecto traspaso del precio internacional del petróleo, el periodo de la volatilidad y magnitud de la duración de los mismos, los modelos de volatilidad corroboran que existe una relación no-lineal entre el precio del petróleo hacia los precios del gas natural y la gasolina. Si se restringe la investigación a medir el efecto del cambio de los precios del petróleo sobre el PBI de EEUU, los hallazgos son similares a los de Hamilton, J. (1983).

Para realizar el pronóstico de los valores futuros del petróleo e indicar los efectos ante los retornos futuros del gas natural y la gasolina, se eligió el modelo que representa el mejor ajuste de la volatilidad de las series, para ello se aplicó los criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn, los cuales sugirieron que el modelo GARCH-M (1,1) es el más eficiente.

Los resultados que se desprenden de la aplicación del modelo GARCH-M (1,1,) son los siguientes:

- a) El tratamiento de la información, considera el periodo de mayor volatilidad en los precios internacionales del petróleo, con el objeto de que los pronósticos realizados por el modelo GARCH-M (1,1) procesen y consideren periodos de volatilidad futuros cercanos a la situación actual del mercado del petróleo.
- b) El coeficiente α_1 de la estimación del modelo es negativo y estadísticamente significativo, por lo que se evidencia la existencia de asimetrías en la volatilidad de los retornos previsionales ante impactos positivos y negativos, con una mayor variación ante impactos negativos (crisis financieras, eventos geopolíticos, entre otros exacerbaban el efecto traspaso del precio del petróleo internacional hacia los precios del gas natural y la gasolina).
- c) El efecto asimetría del modelo de volatilidad tiene un coeficiente significativo y muy importante en magnitud (0.161317), lo que indica un fuerte crecimiento de la volatilidad ante noticias negativas.
- d) Se aprecia un alto nivel de persistencia en los shocks de la volatilidad (0.832898) en los retornos, debido a la existencia de clusters de la volatilidad. La principal implicación de la persistencia es que los shocks de hoy influyen sobre las expectativas de volatilidad de periodos futuros tanto en el corto plazo como en el largo plazo. En este sentido, la fuerza de la persistencia o clustering de la volatilidad de los rendimientos financieros refleja la asimetría en la volatilidad.
- e) En el Anexo N° 6, se muestra la gráfica del desvío estándar del modelo GARCH-M (1,1) que representó el mejor ajuste, en la que se evidencia claramente su carácter asimétrico, ante el crecimiento desigual de la volatilidad por los eventos positivos en los retornos del precio internacional del petróleo sobre los retornos del gas natural y la gasolina, en relación a los eventos negativos registrados el 2009.

- f) La estimación del modelo GARCH-M (1,1) se puede interpretar de la siguiente forma:
- ✓ Un incremento en 1% del precio internacional del petróleo, explica en un 50% el incremento en el precio de la gasolina en el mercado peruano.
 - ✓ Una disminución en 1% del precio internacional del petróleo, explica en un 11% la disminución en el precio de la gasolina en el mercado peruano.
 - ✓ Un incremento en 1% del precio internacional del petróleo, explica en un 13% el incremento en el precio del gas natural en Estados Unidos.
 - ✓ Una disminución en 1% del precio internacional del petróleo, explica en un 11% la disminución en el precio del gas natural en Estados Unidos.
- g) En base al modelo GARCH-M (1,1) se realizó el pronóstico de los retornos del precio del petróleo, verificándose que en más del 80% de los casos, los retornos no sobrepasan la desviación del error en $\pm 2\%$. Asimismo, de la figura de la varianza se concluye que a corto plazo la desviación estándar es significativamente alto, por el efecto de la asimetría y presencia de clusters de la volatilidad, pero, a largo plazo se evidencia una convergencia de la varianza (se debe entender que dicho escenario, puede afectarse ante cambios exógenos negativos o positivos, por ello el modelo tiene una predicción de 12 semanas).

Los gestores de riesgos del mercado bursátil energético, los hacedores de política económica y los agentes privados, deben tener en cuenta que el alza de los precios del petróleo impactan directamente a los precios de la gasolina, aunque su efecto es asimétrico y no lineal (ante subidas en los precios del petróleo los precios de la gasolina se ajustan rápidamente, en cambio, ante caídas en el precio del petróleo los precios de la gasolina se ajustan lentamente). Por otro lado, los precios del gas natural reaccionan en la mayoría de los casos de forma inversa ante cambios de los precios del petróleo.

Finalmente, el cambio rápido y estocástico entre los retornos del precio del petróleo sobre el gas natural y la gasolina, refleja la aversión al riesgo que hay en el mercado bursátil peruano, el cual, puede disminuir si la bolsa de valores incorpora mayor número de operaciones financieras por día, diversificando el riesgo con el ingreso de nuevos instrumentos financieros. En el mediano y largo plazo, se prevé que esta investigación ayudará a los inversionistas y agentes privados a diversificar su portafolio con instrumentos financieros basados en acciones locales como la gasolina.

5.2 Conclusiones

Se puede sintetizar lo descrito líneas arriba en las siguientes conclusiones:

- Lo más importante, es la aceptación de las hipótesis principal y secundarias planteadas en esta investigación, pues se evidenció empíricamente que existe un efecto traspaso sobre los precios de la gasolina en la economía peruana, causado por la asimetría en el precio internacional del petróleo (ante subidas en los precios del petróleo los precios de la gasolina se ajustan rápidamente, en cambio, ante caídas en el precio del petróleo los precios de la gasolina y el gas natural se ajustan lentamente). Por otro lado, los precios del gas natural reaccionan en la mayoría de los casos de forma directa ante cambios en los precios del petróleo.
- Existe una relación asimétrica y no lineal en los precios de la gasolina y el gas natural producto de shocks en el mercado mundial del petróleo tanto en el corto plazo y en el largo plazo. La principal implicación de la persistencia es que los shocks de hoy influyen sobre las expectativas de volatilidad de periodos futuros. En ese sentido, la fuerza de la persistencia o clustering de volatilidad de los rendimientos financieros refleja la asimetría en la volatilidad.
- La estimación realizada, comprueba que existe un mayor ajuste asimétrico en los precios de la gasolina y el gas natural cuando el precio internacional del petróleo se incrementa que cuando disminuye. Asimismo, la estimación

del pronóstico de los retornos del precio del petróleo indican que a corto plazo la desviación estándar es significativamente alto, por el efecto de la asimetría y presencia de clusters de volatilidad, pero, a largo plazo existe una convergencia en la varianza.

5.3 Recomendaciones

Los métodos usados y los resultados presentados en esta investigación, proveen algunas características del efecto traspaso del precio internacional del petróleo sobre los precios del gas natural y la gasolina, y que los parámetros asociados a ellos, cambian por la asimetría y no linealidad en los retornos. La variabilidad de los datos se explica por los constantes impactos negativos que generan cambios en los precios del petróleo (crisis financieras, primavera árabe, etc.). Asimismo, se abre el debate a nuevas estimaciones entre el precio internacional del petróleo y su efecto en el precio del gas natural y la gasolina.

Otra materia pendiente es poder hacer especificaciones VAR y VEC sobre los precios del petróleo, gas natural y gasolina a fin de obtener información relevante de las variables, media, varianza y rezagos de las mismas, que puedan explicar cuantitativamente el efecto traspaso sobre otras variables. Además se puede extender el análisis, a través de un modelo TAR con distribución de error generalizada (GED) para modelar estadísticamente los precios de los combustibles, cuando los errores no son necesariamente de distribución normal, puesto que puede incluir, otras distribuciones con colas poco más pesadas de lo normal (ejemplo, la doble exponencial).

Finalmente, se puede incluir a los modelos autoregresivos los modelos Logit Probit, para explicar los fenómenos en los cuales la variable de relevancia es dicotómica o binaria, es decir, sólo puede tomar dos valores (comprar o no una acción financiera en el mercado energético) que pueden ayudar en la estructuración y diversificación de portafolios.

CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 Bibliográficas

- Aloui, C., Nguyen, D.K., Nhej,H. (2012). Assessing the impacts of oil price fluctuations on stock returns in emerging markets. *Economic Modelling* 29, 2686-2695.
- Aloui, R., Ben Aissa, Ms, Hammoudeh, S., Nguyen, DK. (2013). Extreme Risk Management in Oil and Natural Gas Markets. Working Paper, IPAG Business School.
- Barrera, C. (2007) ¿Respuesta asimétrica de precios domésticos de combustibles ante choques en el WTI?, Documento de Trabajo 2010-016. Banco Central de Reserva del Perú.
- Borenstein, S., Shephard, A. (2002). Sticky prices inventories, and market power in wholesale gasoline markets. *Rand Journal of Economics* 33, 116-139.
- Grégoire, V., Genest, C., Gendrom, M. (2008). Using copulas to model Price dependence in energy markets. *Energy Risk*, 58-64.
- Hamilton,J.D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II, *Journal of Political Economy* 91, 228-248.
- Hamilton,J.D. (2003). What is an oil shock? *Journal of Econometrics* 113, 363-398.
- Kilian, L. (2008). Exogenous oil supply shocks: how big are they and how much do they matter for the U.S. economy? *Review of Economics and Statistics* 90, 216-240.
- Mensi, W., Hammoudeh, S., Yoon, S. (2014). Structural breaks, dynamic correlations, asymmetric volatility transmission, and hedging strategies for petroleum prices and USD exchange rate. Working Paper, *Journal of Economics*.
- Mork, K.A. (1989). Oil and the macroeconomy when prices go up and down: an extensión of Hamilton's results. *Journal of Political Economy* 97, 740-744.
- Shin, Y., Yu, B., Greenwood-Nimmo, M. (2011). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in an ARDL framework. In: Horrace,

William C., Sickles, Robin C. (Eds), Festschrift in Honor of Peter Schmidt..
Springer Science & Business Media, New York (NY).

- Yocel, M.K., Guo, S. (1994). Fuel taxes and cointegration of energy prices.
Contemporary Economics Policy 12, 33-41.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1 Anexo N° 1: Matriz de Consistencia

TITULO: “Asimetría en el efecto traspaso del precio internacional del petróleo hacia los precios finales de la gasolina y gas natural en la economía peruana, 2000-2016”

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV. VARIABLES Y DIMENSIONES	V. METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿De qué manera se comporta la asimetría en el efecto traspaso del precio internacional del petróleo hacia los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, periodo 2000-2016?</p> <p>PROBLEMAS SECUNDARIOS</p> <p>a) ¿Cómo reaccionan los precios de la gasolina y el gas natural ante shocks en el mercado mundial de petróleo tanto en el corto como en el largo plazo?</p> <p>b) ¿De qué manera los precios de la gasolina y el gas natural se ajustan asimétricamente ante cambios en el precio internacional del petróleo?</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL</p> <p>Explicar cómo la asimetría del precio internacional del petróleo produce un efecto traspaso sobre los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, periodo 2000-2016.</p> <p>OBJETIVOS SECUNDARIOS</p> <p>a) Determinar cómo reaccionan los precios de la gasolina y el gas natural ante shocks en el mercado mundial de petróleo tanto en el corto plazo como en el largo plazo.</p> <p>b) Verificar que los precios de la gasolina y el gas natural se ajustan de manera asimétrica ante cambios en el precio internacional del petróleo.</p>	<p>HIPÓTESIS PRINCIPAL</p> <p>Existe un efecto traspaso sobre los precios de la gasolina y el gas natural en la economía peruana, causado por la asimetría en el precio internacional del petróleo, periodo 2000-2016.</p> <p>HIPÓTESIS SECUNDARIAS</p> <p>a) Existe una relación asimétrica y no lineal en los precios de la gasolina y el gas natural producto de shocks en el mercado mundial del petróleo tanto en el corto plazo como en el largo plazo.</p> <p>b) Existe un mayor ajuste asimétrico en los precios de la gasolina y el gas natural cuando el precio internacional del petróleo se incrementa que cuando disminuye.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>“x” Precio Internacional del Petróleo</p> <p>Indicador: La serie de precios finales del petróleo, con frecuencia semana. Precios del petróleo cotizados en Estados Unidos de Norteamérica.</p> <p>VARIABLES DEPENDIENTES:</p> <p>y_1: Precio del gas natural</p> <p>Indicador: La serie de precios finales del gas natural, con frecuencia semanal. Precios del gas natural cotizados en Estados Unidos de Norteamérica.</p> <p>y_2: Precio de la Gasolina</p> <p>Indicador: La serie de precios finales de la gasolina, con frecuencia semanal. Precios de la gasolina cotizados en el mercado peruano.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Contrastación empírica, con un alcance de nivel exploratorio y explicativo. Analítica descriptiva.</p> <p>POBLACIÓN: Precios internacionales del petróleo, del Gas Natural y de la Gasolina.</p> <p>MUESTRA Precios internacionales del petróleo, del Gas Natural y de la Gasolina, periodo 2000-2016.</p> <p>Técnica Regresiones econométricas No-Lineales</p> <p>Instrumentos: Modelos de volatilidad: ARCH, GARCH, EGARCH, TARCH y GARCH-M.</p>

7.2 Anexo N° 3: Resumen de Modelos utilizados

Modelo	Autores	Especificación de la Varianza
ARCH	Engle (1982)	$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$
GARCH	Bollerslev (1986)	$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 h_{t-1}$
EGARCH	Nelson (1989)	$\log(h_t) = \alpha_0 + \beta_1 \log(h_{t-1}) + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \alpha \left[\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} - \sqrt{2\pi} \right]$
TARCH	Glosten, Jagannathan y Runkle(1994)	$h_t^\gamma = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (\varepsilon_{t-1} - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^\delta$
GARCH-M	Engle, Lilien y Robins (1987)	$X_t = \mu \sigma_t + a_t$ $\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$

7.4 Anexo N° 4: Datos utilizados en la estimación de los Modelos

Observación	Petróleo	Gas Natural	Gasolina	Observación	Petróleo	Gas Natural	Gasolina
07/01/2000	24.79	2.15	63.98
14/01/2000	28.01	2.14	72.13	01/01/2016	32.19	2.47	63.70
21/01/2000	29.71	2.38	74.90	08/01/2016	29.42	2.10	69.70
28/01/2000	27.27	2.58	72.38	15/01/2016	32.19	2.14	63.70
04/02/2000	28.67	2.44	78.25	22/01/2016	33.62	2.30	69.70
11/02/2000	29.51	2.42	79.32	29/01/2016	30.89	2.06	72.79
18/02/2000	29.51	2.47	80.70	05/02/2016	29.44	1.97	66.88
25/02/2000	30.34	2.41	85.95	12/02/2016	29.64	1.80	63.74
03/03/2000	31.46	2.59	96.35	19/02/2016	32.78	1.79	64.17
07/01/2000	24.79	2.15	63.98	26/02/2016	35.92	1.67	70.97
10/03/2000	31.76	2.61	94.93	04/03/2016	38.50	1.82	77.77
17/03/2000	30.86	2.65	86.60	11/03/2016	39.44	1.91	83.36
24/03/2000	27.86	2.70	87.40	18/03/2016	39.46	1.81	85.39
31/03/2000	26.86	2.73	81.63	25/03/2016	36.79	1.96	85.44
07/04/2000	24.97	2.77	69.90	01/04/2016	39.72	1.99	79.66
14/04/2000	25.48	2.80	70.43	08/04/2016	40.36	1.90	86.00
21/04/2000	27.29	2.84	77.70	15/04/2016	43.73	2.14	87.38
28/04/2000	25.71	2.82	74.95	22/04/2016	45.92	2.18	94.68
05/05/2000	27.37	2.88	84.23	29/04/2016	44.66	2.10	99.42
12/05/2000	29.64	3.08	88.28	06/05/2016	46.21	2.10	96.69
19/05/2000	30.02	3.59	89.60	13/05/2016	47.75	2.06	100.05
26/05/2000	29.76	4.02	94.05	20/05/2016	49.33	2.17	103.38
02/06/2000	30.34	4.02	98.23	27/05/2016	48.62	2.40	106.81
09/06/2000	30.22	4.00	94.25	03/06/2016	49.07	2.56	105.27
16/06/2000	32.35	4.19	96.35	10/06/2016	47.98	2.62	106.24
23/06/2000	34.76	4.24	98.73	17/06/2016	47.64	2.66	103.88
30/06/2000	32.44	4.19	94.19	24/06/2016	48.99	2.99	103.15
07/07/2000	30.26	3.75	82.18	01/07/2016	45.41	2.80	106.07
14/07/2000	31.31	4.06	91.33	08/07/2016	45.95	2.76	98.32
21/07/2000	28.56	3.93	80.10	15/07/2016	44.19	2.78	99.49
28/07/2000	28.22	3.88	86.13	22/07/2016	41.60	2.88	95.68
04/08/2000	29.94	4.18	85.40	29/07/2016	41.80	2.77	90.07
11/08/2000	31.02	4.37	85.90	05/08/2016	44.49	2.59	90.50
18/08/2000	31.97	4.35	88.93	12/08/2016	48.52	2.58	96.33
25/08/2000	34.01	4.35	89.25	19/08/2016	47.64	2.87	105.05
01/09/2000	33.42	4.68	96.88	26/08/2016	44.44	2.79	103.15
08/09/2000	33.62	4.68	98.58	02/09/2016	45.88	2.80	96.22
15/09/2000	35.87	5.10	97.60	09/09/2016	43.03	2.95	99.34
22/09/2000	32.66	4.96	94.33	16/09/2016	44.48	2.96	93.17
29/09/2000	30.87	5.02	86.50	23/09/2016	48.24	2.91	96.31
06/10/2000	30.86	4.88	85.03	30/09/2016	49.81	3.19	104.45
13/10/2000	34.96	5.31	97.13	07/10/2016	50.35	3.29	107.85
20/10/2000	34.31	4.71	99.80	14/10/2016	50.85	2.99	109.01
27/10/2000	32.78	4.32	99.73	21/10/2016	48.70	3.11	110.10
03/11/2000	32.62	4.41	95.90	28/10/2016	44.07	2.77	105.44
10/11/2000	34.05	5.14	91.80	04/11/2016	45.25	2.70	95.42
17/11/2000	35.62	5.85	97.70				
24/11/2000	36.06	6.08	98.60				
01/12/2000	32.06	6.50	83.30				
08/12/2000	28.31	7.95	70.80				
15/12/2000	28.86	7.63	72.53				
22/12/2000	26.16	10.55	70.78				
29/12/2000	26.72	10.13	76.38				

Fuente: Portal Bloomberg – BCRP

7.6 Anexo N° 6: Resultados de los modelos estimados

Estimación Modelo ARCH (1,1)					
Dependent Variable: DLOG(PETROLEO)					
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution					
Date: 10/15/17 Time: 16:23					
Sample (adjusted): 1/14/2000 11/04/2016					
Included observations: 878 after adjustments					
Convergence achieved after 15 iterations					
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)					
GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2					
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	
DLOG(GAS)	0.029039	0.011204	2.591854	0.0095	
DLOG(GASOLINA)	0.519456	0.014347	36.20761	0.0000	
C	-0.000332	0.001227	-0.270925	0.0064	
Variance Equation					
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	
C	0.001245	5.87E-05	21.20233	0.0000	
RESID(-1)^2	0.298569	0.045618	6.545013	0.0000	
R-squared	0.343681	Mean dependent var	0.000685		
Adjusted R-squared	0.342181	S.D. dependent var	0.053042		
S.E. of regression	0.043020	Akaike info criterion	-3.578733		
Sum squared resid	1.619380	Schwarz criterion	-3.551525		
Log likelihood	1576.064	Hannan-Quinn criter.	-3.568327		
Durbin-Watson stat	2.328384				
Correlograma Modelo ARCH (1,1)					
Sample: 1/07/2000 11/04/2016					
Included observations: 878					
Q-statistic probabilities adjusted for 2 dynamic regressors					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.084	-0.084	6.1591	0.013
		2 -0.060	-0.067	9.2836	0.010
		3 0.012	0.002	9.4202	0.024
		4 0.067	0.065	13.396	0.009
		5 -0.022	-0.010	13.838	0.017
		6 -0.011	-0.006	13.941	0.030
		7 -0.009	-0.014	14.015	0.051
		8 0.106	0.100	23.979	0.002
		9 -0.031	-0.012	24.821	0.003
		10 -0.058	-0.050	27.835	0.002
		11 -0.060	-0.075	30.994	0.001
		12 -0.001	-0.032	30.995	0.002
		13 -0.021	-0.025	31.400	0.003
		14 -0.007	-0.004	31.443	0.005
		15 -0.015	-0.011	31.654	0.007
		16 -0.038	-0.054	32.971	0.007
		17 0.052	0.050	35.378	0.006
		18 -0.015	-0.001	35.589	0.008
*Probabilities may not be valid for this equation specification.					

Estimación Modelo GARCH (1,1)

Dependent Variable: DLOG(PETROLEO)
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
 Date: 10/15/17 Time: 16:20
 Sample (adjusted): 1/14/2000 11/04/2016
 Included observations: 878 after adjustments
 Convergence achieved after 20 iterations
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(GAS)	0.036166	0.011509	3.142400	0.0017
DLOG(GASOLINA)	0.520547	0.014355	36.26226	0.0000
C	0.000830	0.001218	0.681299	0.0057

Variance Equation

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	8.80E-05	2.92E-05	3.017120	0.0026
RESID(-1)^2	0.105885	0.017481	6.057005	0.0000
GARCH(-1)	0.840658	0.029028	28.95999	0.0000

R-squared	0.343265	Mean dependent var	0.000685
Adjusted R-squared	0.341764	S.D. dependent var	0.053042
S.E. of regression	0.043034	Akaike info criterion	-3.678325
Sum squared resid	1.620406	Schwarz criterion	-3.645676
Log likelihood	1620.785	Hannan-Quinn criter.	-3.665838
Durbin-Watson stat	2.330750		

Correlograma Modelo GARCH (1,1)

Sample: 1/07/2000 11/04/2016
 Included observations: 878
 Q-statistic probabilities adjusted for 2 dynamic regressors

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.083	-0.083	6.0050	0.014
		2 -0.070	-0.078	10.381	0.006
		3 0.006	-0.007	10.410	0.015
		4 0.026	0.021	11.013	0.026
		5 -0.018	-0.014	11.290	0.046
		6 -0.031	-0.031	12.161	0.058
		7 -0.006	-0.014	12.194	0.094
		8 0.098	0.093	20.753	0.008
		9 -0.012	0.004	20.890	0.013
		10 -0.082	-0.070	26.897	0.003
		11 -0.067	-0.084	30.857	0.001
		12 -0.010	-0.041	30.956	0.002
		13 -0.011	-0.023	31.059	0.003
		14 -0.009	-0.007	31.130	0.005
		15 -0.010	-0.013	31.221	0.008
		16 -0.036	-0.056	32.367	0.009
		17 0.063	0.050	35.889	0.005
		18 -0.019	-0.002	36.214	0.007

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Estimación Modelo EGARCH (1,1)

Dependent Variable: DLOG(PETROLEO)
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
 Date: 10/15/17 Time: 16:45
 Sample (adjusted): 1/14/2000 11/04/2016
 Included observations: 878 after adjustments
 Convergence achieved after 20 iterations
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(6)$
 $*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(7)*LOG(GARCH(-1))$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(GAS)	0.037316	0.011788	3.165606	0.0015
DLOG(GASOLINA)	0.534771	0.015520	34.45797	0.0000
C	-0.001155	0.001277	-0.904730	0.0056

Variance Equation

C(4)	-0.452053	0.099105	-4.561373	0.0000
C(5)	0.141368	0.031537	4.482618	0.0000
C(6)	-0.130004	0.028051	-4.634594	0.0000
C(7)	0.946977	0.013846	68.39522	0.0000

R-squared	0.341611	Mean dependent var	0.000685
Adjusted R-squared	0.340106	S.D. dependent var	0.053042
S.E. of regression	0.043088	Akaike info criterion	-3.694408
Sum squared resid	1.624488	Schwarz criterion	-3.656317
Log likelihood	1628.845	Hannan-Quinn criter.	-3.679840
Durbin-Watson stat	2.332296		

Correlograma Modelo EGARCH (1,1)

Sample: 1/07/2000 11/04/2016
 Included observations: 878
 Q-statistic probabilities adjusted for 2 dynamic regressors

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.089	-0.089	6.9293	0.008
		2 -0.070	-0.079	11.281	0.004
		3 0.020	0.006	11.628	0.009
		4 0.017	0.014	11.875	0.018
		5 -0.016	-0.011	12.104	0.033
		6 -0.036	-0.037	13.271	0.039
		7 -0.003	-0.013	13.280	0.066
		8 0.099	0.093	21.914	0.005
		9 -0.014	0.004	22.095	0.009
		10 -0.075	-0.063	27.138	0.002
		11 -0.060	-0.080	30.392	0.001
		12 -0.007	-0.034	30.432	0.002
		13 -0.010	-0.018	30.520	0.004
		14 -0.005	0.000	30.540	0.006
		15 -0.013	-0.016	30.685	0.010
		16 -0.037	-0.058	31.916	0.010
		17 0.067	0.054	35.981	0.005
		18 -0.017	0.001	36.240	0.007

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Estimación Modelo TARCH (1,1)

Dependent Variable: DLOG(PETROLEO)
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
 Date: 10/15/17 Time: 16:47
 Sample (adjusted): 1/14/2000 11/04/2016
 Included observations: 878 after adjustments
 Convergence achieved after 23 iterations
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(7)*GARCH(-1)$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(GAS)	0.040118	0.011676	3.435843	0.0006
DLOG(GASOLINA)	0.529987	0.014344	36.94834	0.0000
C	-0.000750	0.001269	-0.590947	0.0146

Variance Equation

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000160	4.60E-05	3.477128	0.0005
RESID(-1)^2	0.008809	0.027443	0.320984	0.0182
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.203257	0.050154	4.052669	0.0001
GARCH(-1)	0.788134	0.047701	16.52236	0.0000

R-squared	0.341934	Mean dependent var	0.000685
Adjusted R-squared	0.340430	S.D. dependent var	0.053042
S.E. of regression	0.043077	Akaike info criterion	-3.691556
Sum squared resid	1.623690	Schwarz criterion	-3.653465
Log likelihood	1627.593	Hannan-Quinn criter.	-3.676988
Durbin-Watson stat	2.332821		

Correlograma Modelo TARCH (1,1)

Date: 10/15/17 Time: 16:48
 Sample: 1/07/2000 11/04/2016
 Included observations: 878
 Q-statistic probabilities adjusted for 2 dynamic regressors

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.086	-0.086	6.5765	0.010
		2 -0.066	-0.074	10.426	0.005
		3 0.021	0.009	10.815	0.013
		4 0.012	0.010	10.937	0.027
		5 -0.017	-0.013	11.179	0.048
		6 -0.038	-0.040	12.491	0.052
		7 -0.001	-0.010	12.491	0.086
		8 0.096	0.091	20.609	0.008
		9 -0.014	0.004	20.779	0.014
		10 -0.077	-0.067	26.069	0.004
		11 -0.060	-0.081	29.327	0.002
		12 -0.011	-0.037	29.434	0.003
		13 -0.006	-0.014	29.471	0.006
		14 -0.007	-0.001	29.514	0.009
		15 -0.011	-0.015	29.624	0.013
		16 -0.037	-0.058	30.864	0.014
		17 0.070	0.057	35.297	0.006
		18 -0.022	-0.003	35.734	0.008

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Estimación Modelo GARCH-M (1,1)

Dependent Variable: DLOG(PETROLEO)
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
 Date: 10/15/17 Time: 16:51
 Sample (adjusted): 1/14/2000 11/04/2016
 Included observations: 878 after adjustments
 Convergence achieved after 32 iterations
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(5) + C(6)*RESID(-1)^2 + C(7)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
GARCH	-0.958061	1.423122	1.375891	0.0089
DLOG(GAS)	0.136767	0.011490	3.199833	0.0014
DLOG(GASOLINA)	0.521986	0.014261	36.60329	0.0000
C	-0.001683	0.002215	-0.759990	0.0173

Variance Equation

C	9.45E-05	3.14E-05	3.005967	0.0026
RESID(-1)^2	0.109429	0.018709	5.849157	0.0000
GARCH(-1)	0.832899	0.031576	26.37783	0.0000

R-squared	0.341447	Mean dependent var	0.000685
Adjusted R-squared	0.339187	S.D. dependent var	0.053042
S.E. of regression	0.043118	Akaike info criterion	-3.698244
Sum squared resid	1.624891	Schwarz criterion	-3.660154
Log likelihood	1621.749	Hannan-Quinn criter.	-3.683676
Durbin-Watson stat	2.307284		

Correlograma Modelo GARCH-M (1,1)

Date: 10/15/17 Time: 17:11
 Sample: 1/07/2000 11/04/2016
 Included observations: 878
 Q-statistic probabilities adjusted for 3 dynamic regressors

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.079	-0.079	5.4703	0.019
		2 -0.067	-0.073	9.3780	0.009
		3 0.011	-0.000	9.4904	0.023
		4 0.029	0.026	10.247	0.036
		5 -0.013	-0.008	10.397	0.065
		6 -0.028	-0.026	11.086	0.086
		7 -0.002	-0.008	11.089	0.135
		8 0.101	0.097	20.144	0.010
		9 -0.008	0.010	20.194	0.017
		10 -0.078	-0.065	25.577	0.004
		11 -0.061	-0.077	28.943	0.002
		12 -0.008	-0.035	28.995	0.004
		13 -0.006	-0.015	29.030	0.006
		14 -0.007	-0.001	29.070	0.010
		15 -0.007	-0.008	29.119	0.016
		16 -0.033	-0.050	30.098	0.018
		17 0.066	0.056	33.954	0.009
		18 -0.018	0.002	34.231	0.012

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

7.7 Anexo N° 7: Figuras del desvío estándar condicional de los modelos estimados

